Accroissement et mortalité quinze ans après la coupe de jardinage dans quatorze érablières du Québec méridional

Mémoire de recherche forestière n° 148
Direction de la recherche forestière

par
Zoran Majcen, Steve Bédard et Sébastien Meunier

Québec

106-00475/

Accroissement et mortalité quinze ans après la coupe de jardinage dans quatorze érablières du Québec méridional

Mémoire de recherche forestière n° 148

par

Zoran MAJCEN, ing.f., Ph.D., Steve BÉDARD, ing.f., M.Sc.
et Sébastien MEUNIER, ing.f., M.Sc.

Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2005

Mandat de la DRF

Le mandat de la Direction de la recherche forestière (DRF) au sein du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) est de participer activement à l'amélioration de la pratique forestière au Québec. La concrétisation de ce mandat passe par la réalisation de travaux, surtout à long terme et d'envergure provinciale, lesquels intègrent à la fois des préoccupations de recherche fondamentale et de recherche appliquée.

Elle subventionne aussi des recherches universitaires à court ou à moyen terme. Ces recherches, importantes pour le Ministère, sont complémentaires aux travaux de la DRF ou réalisées dans des créneaux où elle ne peut s'impliquer.

Les mémoires de recherche forestière de la DRF

Depuis 1970, chacun des Mémoires de recherche forestière de la DRF est révisé par un comité *ad hoc* formé d'au moins trois experts indépendants. Cette publication est produite et diffusée à même les budgets de recherche et de développement, comme autant d'étapes essentielles à la réalisation d'un projet ou d'une expérience. Ce document à tirage limité est également disponible dans notre site Internet en format pdf.

Vous pouvez adresser vos demandes à :

Ministère des Ressources naturelles
et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
Canada G1P 3W8
Courriel : recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca
Internet : www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche

ISBN 2-550-45396-4
F.D.C. 242(047.3)(714)
L.C. SD 533
2005-3029

© Gouvernement du Québec
On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence

Notes biographiques

Zoran Majcen est ingénieur forestier, diplômé de l'Université de Zagreb, Croatie depuis 1964. En 1974, l'Université Laval lui décerne un diplôme de maîtrise ès sciences et, en 1979, il obtient le grade de Philosophiae Doctor. Depuis 1973, il est à l'emploi de la Direction de la recherche forestière à titre de chercheur. Ses travaux portent sur l'écologie forestière et la sylviculture des feuillus.

Steve Bédard est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1992. En 1998, le même établissement lui décerne un diplôme de maîtrise ès sciences. De 1992 à 1998, il a occupé des postes de chargé de recherche à l'Université Laval et dans des organismes privés de recherche et de transfert de connaissance.

Depuis 1998, il est à l'emploi de la Direction de la recherche forestière et ses travaux portent sur la sylviculture des forêts feuillues et mélangées. Il s'intéresse particulièrement aux effets de différents traitements sylvicoles sur la croissance, la régénération et la qualité des tiges dans les peuplements à dominance d'érable à sucre et de bouleau jaune.

Sébastien Meunier est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1998. En 2000, le même établissement lui décerne un diplôme de maîtrise ès sciences. Par la suite, il travaille comme responsable du programme verglas au Groupement forestier du Haut-Yamaska inc. En 2001, il devient chargé de projet pour le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy où ses travaux portent sur l'amélioration des pratiques de coupe de jardinage et de coupe progressive d'ensemencement, de même que sur le suivi des effets réels des travaux d'éclaircie précommerciale.

Depuis 2003, il est chercheur à la Direction de la recherche forestière. Ses travaux portent principalement sur les effets réels des travaux de jardinage, de jardinage par trouées et de coupe de régénération par parquets ainsi que sur la croissance des peuplements feuillus traités par éclaircie précommerciale.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier MM. Jocelyn Hamel, Laurier Groleau, Étienne Boulay, Pierrot Boulay et Jean-François Leblond pour la cueillette des données sur le terrain et leur support technique. Leurs remerciements s'adressent aussi à MM. F. Brassard, J. Gravel et L. Ménard pour leurs commentaires et leurs critiques constructives du texte.

Les auteurs tiennent également à remercier M. Louis Blais et M^me^ Julie Béliveau pour les analyses statistiques des données, M. Denis Hotte pour la présentation de la figure 1, M^me^ Sylvie Bourassa pour la dactylographie du document et M. Pierre Bélanger pour sa révision et son édition.

Résumé

Quatorze blocs expérimentaux ont été établis entre 1984 et 1988 dans la partie sud du Québec dans le but d'étudier la dynamique des peuplements à dominance d'érable à sucre après la coupe de jardinage. Cet ouvrage comprend les résultats sur l'accroissement des arbres en surface terrière et en diamètre et sur le développement des gaules quinze ans après la coupe. Une partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude de la mortalité en fonction des défauts observés sur les arbres. L'accroissement annuel périodique moyen net est significativement différent dans les unités jardinées comparativement aux témoins. Les valeurs moyennes obtenues sont 0,31 m^2/ha/an pour les unités jardinées et 0,16 m^2/ha/an pour les témoins. Cette différence s'explique surtout par un taux de mortalité inférieur dans les jardinées (0,14 m^2/ha) par rapport aux témoins (0,28 m^2/ha). L'accroissement annuel moyen périodique en diamètre varie de 2,81 à 3,37 mm dans les unités jardinées et de 2,04 à 2,73 mm dans les témoins. La mortalité a touché beaucoup plus les tiges pourvues de défauts majeurs lesquels altéraient leur vigueur. Près de 75% de la surface terrière perdue par la mortalité dans les unités jardinées était composée de tiges avec des défauts majeurs et cette proportion atteignait 85% dans les témoins. La coupe de jardinage a favorisé le développement des gaules d'érable à sucre et de hêtre et, dans quelques unités aussi, celles du bouleau jaune, lorsque de petites ouvertes ont été créées par la coupe. Ces résultats démontrent que les rotations d'environ 20 ans peuvent être envisagées si la coupe de jardinage est pratiquée selon les règles de l'art.

Abstract

Fourteen experimental blocks were established between 1984 and 1988 in southern Québec to study stand dynamics in sugar maple-dominated stands following selection cutting. The present report includes results of basal area and diameter growth, and the development of saplings 15 years after cutting. Part of the report is devoted to tree mortality in relation to defects observed on trees. Net periodic annual growth is significantly different in the selection cut as compared to controls. The difference is explained by a lower rate of mortality in the selection-harvested plots (0.14 m^2/ha), compared to controls (0.28 m^2/ha). Mean values obtained are 0.31 m^2/ha for selection cut plots, versus 0.16 m^2/ha for the controls. Mean periodic annual diameter growth varies from 2.81 to 3.37 mm in selection, and from 2.04 to 2.73 mm in control plots. Mortality was much higher among stems that had major defects, which reduced their vigour. In selection cut, almost 75% of the basal area lost to mortality was composed of stems with major defects, and this proportion attained 85% in controls. Selection cutting favoured the development of sugar maple and beech saplings, and also the development of yellow birch in a few areas where small openings were created. These results demonstrate that a 20 years cutting cycle can be expected if selection cutting is carried out according to good practices.

Table des matières

Page

Remerciements iii

Résumé v

Abstract vi

Liste des tableaux ix

Liste des figures xi

Introduction 1

Chapitre premier - Matériel et méthodes 3
1.1 Description des secteurs 3
1.1.1 Forêt de Gatineau 3
1.1.2 Lac Simon 4
1.1.3 Lac du Cordon 4
1.1.4 Sainte-Véronique 5
1.1.5 Duchesnay 5
1.1.6 Lac Mégantic 5
1.1.7 Ruisseau Bouleau 5
1.1.8 Grand lac Bénédict 5
1.2 Dispositif expérimental et cueillette des données 5
1.3 Analyses statistiques 6

Chapitre deux – Description dendrométrique des peuplements 9
2.1 Surface terrière, volume marchand et composition des peuplements 9
2.2 Distribution diamétrale des tiges 9

Chapitre trois – Accroissement des tiges marchandes (dhp ≥ 9,1 cm) 15
3.1 Accroissement en surface terrière quinze ans après la coupe 15
3.2 Accroissement en diamètre quinze ans après la coupe 18

Chapitre quatre – Mortalité des arbres en fonction des défauts 21
4.1 Mortalité des arbres sans et avec défauts majeurs 21
4.2 Mortalité en fonction des catégories de défauts 21

Chapitre cinq – Développement des gaules 27

Conclusion 31

Références bibliographiques 33

Annexe 1. Les champignons rencontrés le plus souvent sur les arbres dans les blocs expérimentaux 37

Annexe 2. Accroissements annuels périodiques en volume marchand quinze ans après la coupe de jardinage 39

Liste des tableaux

Page

Tableau 1. Données climatiques de sept stations météorologiques situées près des secteurs étudiés 4

Tableau 2. Surface terrière et volume marchand avant et après la coupe 10

Tableau 3. Accroissements annuels périodiques en surface terrière quinze ans après la coupe de jardinage 16

Tableau 4. Accroissements annuels périodiques en diamètre (mm) par classe de diamètre 19

Tableau 5. Mortalité des arbres sans et avec défauts majeurs 22

Tableau 6. Répartition de la mortalité selon les défauts majeurs et les chablis au cours de quinze ans 23

Tableau 7. Développement des gaules. Nombre de tiges de 1,1 et 9,0 cm de dhp à l'hectare 28

Liste des figures

Page

Figure 1. Localisation des secteurs expérimentaux 3

Figure 2. Distribution diamétrale des tiges 11

Figure 3. Accroissements annuels périodiques moyens en surface terrière pour la période de quinze ans 17

Figure 4. Accroissements annuels périodiques moyens en diamètre 20

Figure 5. Répartition moyenne de la mortalité en surface terrière 21

Figure 6. Mortalité en surface terrière selon la catégorie de défauts externes observés sur les tiges au début de la période de quinze ans 24

Figure 7. Nombre de gaules à l'hectare 29

Introduction

La coupe de jardinage a une longue tradition dans la foresterie de plusieurs pays d'Europe centrale (De Liocourt 1898, Bioley 1901, Shaefer *et al.* 1930). Elle a été mise en pratique vers la fin du XIX^{e} siècle principalement dans les forêts inéquiennes à dominance de sapin pectiné. Plus près de nous, aux États-Unis, sous l'inspiration des Européens, elle a été introduite vers le milieu du XX^{e} siècle dans les forêts feuillues inéquiennes du Nord-Est (O'Hara 2002). Au Québec, sur la base des connaissances acquises dans ces pays, et selon les études effectuées sur la structure et la croissance des peuplements naturels (Lemieux 1963; Brown 1981; Majcen *et al.* 1984, 1985), la pratique de la coupe de jardinage a commencé dans les érablières inéquiennes au début des années 1980 (Majcen 1994). Ces études ont démontré que les érablières formaient, dans bien des cas, des peuplements inéquiennes caractérisés par un mélange de tiges d'âges et de dimensions variés. Les résultats obtenus ont également montré que ces peuplements présentaient souvent une courbe de distribution diamétrale en forme d'un « J » inversé se rapprochant de la distribution théorique de Liocourt. Ces observations ont également été rapportées dans des érablières des États américains du Nord-Est et des Grands Lacs par de nombreux chercheurs (Eyre et Zillgitt 1953, Arbogast 1957, Trimble *et al.* 1974, Marquis 1976, Crow *et al.* 1981, Smith et Lamson 1982). Ces derniers proposent des modèles d'aménagement qui favorisaient le maintien de la distribution des tiges selon le modèle de Liocourt par des coupes de jardinage.

En se basant sur les travaux mentionnés précédemment, les coupes de jardinage ont commencé sur une base expérimentale au Québec en 1983 dans la forêt d'enseignement et de recherche de Mousseau près de Sainte-Véronique dans la région des Hautes-Laurentides (Majcen et Saucier 1986). Par la suite, les expériences ont été élargies dans plusieurs autres secteurs forestiers du Québec méridional. L'objectif de l'introduction de la coupe de jardinage était de pratiquer une sylviculture mieux adaptée aux caractéristiques des érablières et d'améliorer leur qualité tout en favorisant la régénération des essences désirées. L'hypothèse de départ, basée sur les études de la croissance et de la dynamique naturelle de ces forêts, est que les coupes de jardinage pourraient se pratiquer selon des rotations variant de 15 à 25 ans selon les conditions de site.

Jusqu'à présent, les résultats ont été publiés sur la base des mesures dendrométriques cinq ou dix ans après la coupe, toujours par la comparaison entre les placettes jardinées et les placettes témoins (Majcen et Richard 1992; Majcen 1995, 1996, 1997 et Bédard et Majcen 2001, 2003). Les premiers résultats publiés après quinze ans (Majcen et Bédard 2000) se réfèrent à un seul bloc jardiné à Sainte-Véronique. Le présent ouvrage comprend les résultats des mesures de l'accroissement quinze ans après la coupe dans quatorze blocs établis dans les érablières réparties dans plusieurs secteurs du Québec méridional. De plus, on y présente les résultats de la régénération au stade du gaulis dans dix des quatorze blocs mentionnés précédemment. Les principaux objectifs de ce mémoire sont de quantifier l'effet de la coupe sur l'accroissement en surface terrière et en diamètre des tiges ainsi que sur la composition et le développement des gaules. Une partie de l'ouvrage est également consacrée à l'étude de la mortalité en fonction des défauts observés sur les arbres.

Chapitre premier

Matériel et méthodes

1.1 Description des secteurs

L'étude a été effectuée dans huit secteurs forestiers répartis dans les régions administratives des Outaouais, des Laurentides, de Québec, de l'Estrie et du Bas-Saint-Laurent (Figure 1). Quelques données climatiques des secteurs (Tableau 1) ont été recueillies par les stations météorologiques situées à proximité :

- Wakefield, à une quinzaine de kilomètres au sud-est de la forêt de Gatineau;
- Chénéville, à une vingtaine de kilomètres au sud du secteur du lac Simon;
- Sainte-Agathe, à une quinzaine de kilomètres à l'est du lac du Cordon;
- Nominingue, à une quinzaine de kilomètres au sud-ouest de Sainte-Véronique;
- Sainte-Catherine, à quelques kilomètres au sud de Duchesnay;
- Lac Mégantic, à une dizaine de kilomètres à l'est du secteur du lac Mégantic;
- Dégelis, à quelques kilomètres au sud du Ruisseau Bouleau et à une trentaine de kilomètres au sud du Grand lac Bénédict.

1.1.1 Forêt de Gatineau

La forêt de Gatineau est située à une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest de la ville de Gatineau, à 45° 44' de latitude nord et 76° 06' de longitude ouest et fait partie du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul de l'ouest (SAUCIER *et al.* 2001) La température annuelle moyenne y atteint 5,0 °C et la température moyenne de juillet, 19,7 °C. Les températures moyennes sont supérieures à celles de tous les autres secteurs.

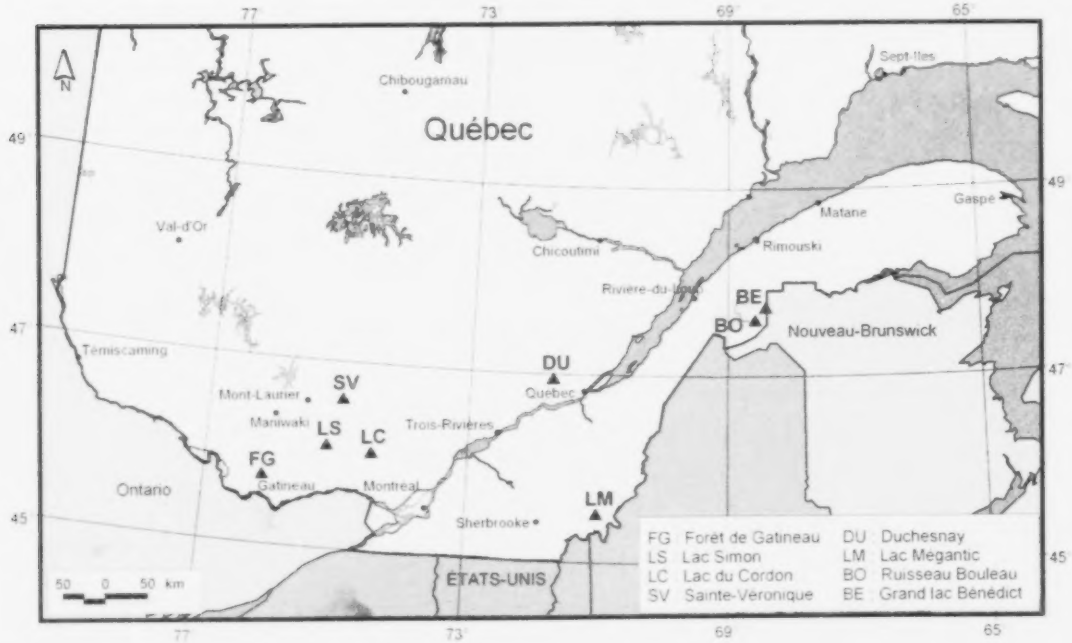

Figure 1. Localisation des secteurs expérimentaux.

Chapitre premier

Matériel et méthodes

1.1 Description des secteurs

L'étude a été effectuée dans huit secteurs forestiers répartis dans les régions administratives des Outaouais, des Laurentides, de Québec, de l'Estrie et du Bas-Saint-Laurent (Figure 1). Quelques données climatiques des secteurs (Tableau 1) ont été recueillies par les stations météorologiques situées à proximité :

- Wakefield, à une quinzaine de kilomètres au sud-est de la forêt de Gatineau;
- Chénéville, à une vingtaine de kilomètres au sud du secteur du lac Simon;
- Sainte-Agathe, à une quinzaine de kilomètres à l'est du lac du Cordon;
- Nominingue, à une quinzaine de kilomètres au sud-ouest de Sainte-Véronique;
- Sainte-Catherine, à quelques kilomètres au sud de Duchesnay;
- Lac Mégantic, à une dizaine de kilomètres à l'est du secteur du lac Mégantic;
- Dégelis, à quelques kilomètres au sud du Ruisseau Bouleau et à une trentaine de kilomètres au sud du Grand lac Bénédict.

1.1.1 Forêt de Gatineau

La forêt de Gatineau est située à une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest de la ville de Gatineau, à 45° 44' de latitude nord et 76° 06' de longitude ouest et fait partie du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul de l'ouest (SAUCIER *et al.* 2001) La température annuelle moyenne y atteint 5,0 °C et la température moyenne de juillet, 19,7 °C. Les températures moyennes sont supérieures à celles de tous les autres secteurs.

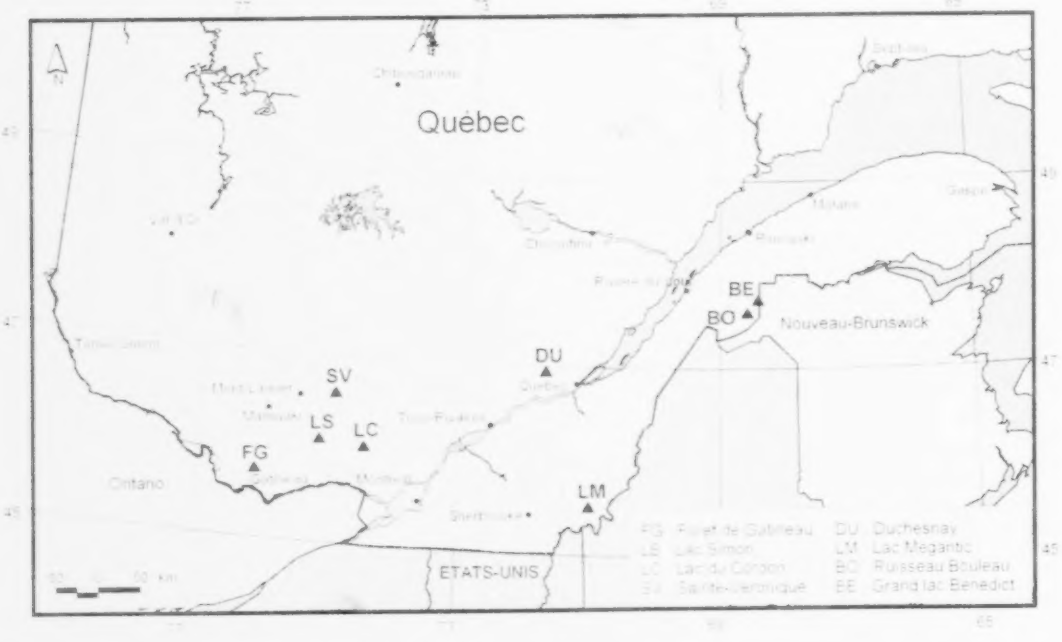

Figure 1. Localisation des secteurs expérimentaux.

Tableau 1. Données climatiques de sept stations météorologiques situées près des secteurs étudiés[1]

Station météorologique	Données climatiques								
	Température moyenne annuelle (°C)	Température moyenne de juillet (°C)	Température moyenne de janvier (°C)	Température maximum moyenne (°C)	Température minimum moyenne	Degrés-jours au-dessus de 5 °C	Journées avec température maximale > 0 °C	Précipitations totales annuelles (mm)	Précipitations totales de mai à septembre (mm)
Wakefield latitude 45° 36' N. longitude 76° 54' O. altitude 152 m	5,0	19,7	-11,5	10,7	-0,8	1 867	280	996	446
Chénéville latitude 45° 54' N. longitude 75° 05' O. altitude 223 m	3,8	18,3	-12,9	9,6	-2,0	N.D.	N.D.	1 060	470
Sainte-Agathe latitude 46° 03' N. longitude 74° 17' O. altitude 366 m	3,1	17,8	-13,1	8,5	-2,4	1 518	261	1 170	509
Nominingue latitude 46° 23' N. longitude 75° 03' O. altitude 305 m	3,1	17,5	-13,8	9,1	-3,0	1 555	264	1 034	490
Sainte-Catherine latitude 46° 51' N. longitude 71° 37' O. altitude 152 m	3,6	18,5	-13,1	8,9	-1,8	1 605	263	1 280	618
Lac Mégantic latitude 45° 36' N. longitude 70° 53' O. altitude 465 m	3,9	18,2	-11,5	8,8	-1,1	1 612	265	1 036	507
Dégelis latitude 47° 34' N. longitude 68° 38' O. altitude 151 m	3,0	17,6	-13,5	8,9	-3,0	1 484	266	973	457

[1] Tirées de *Normales climatiques au Canada, 1961-1990*, publication du Programme climatique canadien.

Les précipitations totales de mai à septembre (446 mm) sont les plus faibles pour cette même période parmi les stations météorologiques comparées.

1.1.2 Lac Simon

Ce secteur comprend un bloc situé près du lac Simon, à une vingtaine de kilomètres au nord de Chénéville à 46° 06' de latitude nord et à 75° 09' de longitude ouest dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest (SAUCIER *et al.* 2001). La température annuelle moyenne est de 3,8 °C et les précipitations annuelles de 1 060 mm.

1.1.3 Lac du Cordon

Ce secteur est situé près de Sainte-Agathe-des-Monts, à 46° 03' de latitude nord et 74° 28' de longitude ouest. Les températures moyennes y sont inférieures par rapport au secteur du lac Simon (3,1°C pour la température annuelle moyenne et 17,8°C pour la température moyenne de juillet) mais, par contre, les précipitations

y sont plus élevées (1 170 mm pour la précipitation annuelle moyenne). Selon SAUCIER *et al.* (2001), ce secteur est situé dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest.

1.1.4 Sainte-Véronique

Ce secteur est situé près de Mont-Laurier, à 46° 36' de latitude nord et 74° 57' de longitude ouest et est situé dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest (SAUCIER et *al.* 2001). Les températures y sont à peu près les mêmes qu'au lac du Cordon, mais les précipitations y sont inférieures (1 034 mm de précipitations annuelles moyennes et 490 mm pour les précipitations entre les mois de mai et de septembre).

1.1.5 Duchesnay

Faisant partie de la Station touristique Duchesnay près de Québec, à 46° 57' de latitude nord et 71° 43' de longitude ouest, ce secteur est situé dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est (SAUCIER *et al.* 2001). La température annuelle moyenne y est près de 3,6 °C et la température moyenne de juillet, près de 18,5 °C. Les températures moyennes sont donc supérieures par rapport à celles de Sainte-Véronique et du lac du Cordon. Les précipitations sont largement supérieures par rapport aux autres secteurs. La précipitation annuelle moyenne est de 1 280 mm et, entre mai et septembre, de 618 mm. Comme les érablières à bouleau jaune sont omniprésentes sur les collines de Duchesnay et se trouvent de plus à quelques kilomètres seulement de la zone de l'érablière à tilleul, il est plus probable que ce secteur fasse partie du domaine de l'érablière à bouleau jaune (GRANDTNER 1966).

1.1.6 Lac Mégantic

Localisé près du lac Mégantic, à 45° 31' de latitude nord et 71° 00' de longitude ouest, ce secteur est compris dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'est (SAUCIER *et al.* 2001) La température annuelle moyenne de 3,9 °C y est légèrement supérieure à celle de Duchesnay. Les précipitations sont moindres par rapport à Duchesnay et se rapprochent de celles de Sainte-Véronique, avec 1 036 mm par année et 507 mm de mai à septembre.

1.1.7 Ruisseau Bouleau

Le secteur du ruisseau Bouleau est situé à quelques kilomètres de Dégelis, à 47° 36' de latitude nord et à 68° 34' de longitude ouest, dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est (SAUCIER *et al.* 2001). La température moyenne annuelle (3,0 °C) est à peine inférieure à celle de Sainte-Véronique et les précipitations annuelles (973 mm) sont les plus basses parmi les stations météorologiques comparées. D'après les températures, qui se traduisent aussi par l'importance des érablières à bouleau jaune et hêtre sur les collines, ce secteur fait plutôt partie du domaine de l'érablière à bouleau jaune (GRANDTNER 1966).

1.1.8 Grand lac Bénédict

Ce secteur est situé à une trentaine de kilomètres au nord-est de Dégelis à 47° 44' de latitude nord et à 68° 24' de longitude ouest dans la sapinière à bouleau jaune de l'est (SAUCIER *et al.* 2001). Les températures dans ce secteur, situé à 420 m d'altitude, sont vraisemblablement inférieures à celles du ruisseau Bouleau situé à basse altitude près de Dégelis. Comme on y remarque entre autres l'absence du hêtre dans les érablières et une présence plus marquée des conifères dans le paysage, ce secteur se situe à la limite entre les domaines de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière (GRANDTNER 1966)

1.2 Dispositif expérimental et cueillette des données

Pour évaluer les effets des coupes de jardinage, les quatorze blocs expérimentaux ont été établis entre 1984 et 1988 dont quatre à Sainte-Véronique, quatre dans la forêt de Gatineau, et un bloc dans les secteurs du lac Simon, du lac du Cordon, de Duchesnay, du lac Mégantic, du Ruisseau Bouleau et du Grand lac Bénédict. Les blocs expérimentaux ont été installés dans les peuplements faisant partie des groupements écologiques les plus fréquents des secteurs choisis. Les treize blocs sont composés d'une unité témoin et d'une unité jardinée. Un bloc à Sainte-Véronique comprend un témoin et deux unités jardinées. Les unités témoins et jardinées sont de forme rectangulaire de 50 m sur 100 m et d'une superficie de 0,5 ha, entourées des bandes de protection de 25 m de largeur. Les blocs sont identifiés à la fois par l'année de l'établissement, les symboles des secteurs (Figure 1) et les symboles des groupements écologiques décrits dans les paragraphes qui suivent. Les témoins sont identifiées par la lettre « t » et les unités jardinées par la lettre « j ».

Les tiges de 1,1 cm et plus à la hauteur de poitrine ont été mesurées au compas forestier dans toutes les unités avant la coupe et dans les unités jardinées immédiatement après la coupe. Les tiges de 9,1 cm et

plus en diamètre ont été numérotées et mesurées au galon circonférenciel au millimètre près immédiatement après la coupe, cinq, dix et quinze ans après.

Pour chaque tige, un fichier a été produit avec la description détaillée de tous les défauts qui se trouvaient sur la tige au moment de la prise de mesure. Il y avait au total quatre observations : immédiatement après la coupe, cinq, dix et quinze ans après. Les défauts ont été regroupées selon huit catégories en s'inspirant des catégories de défauts retenues pour les classes de vigueurs (MAJCEN *et al.* 1990, MRN 2002). Les six premières catégories sont constituées de défauts majeurs qui altèrent la vigueur des tiges. Les catégories retenues se définissent ainsi :

- Cc : arbres contenant sur leurs troncs ou sur leurs pieds des charbons, des chancres ou des champignons qui provoquent de la carie. Ce groupe comprend aussi les arbres avec de la carie déjà logée dans les trous et dans les fentes sur le tronc comme conséquence de l'action des champignons, mais dont les fructifications ne sont pas toujours visibles. Les caries peuvent être déjà très avancées lorsque les fructifications des champignons apparaissent sur l'arbre et lorsque leur identification devient possible (MYREN 1994). Les noms des champignons pathogènes fréquemment rencontrés sur les arbres de nos blocs expérimentaux sont présentés à l'annexe 1. Ils ont aussi tous été signalés sur les essences feuillues par les sylviculteurs ontariens (ANDERSON et RICE 1993);

- Bn : arbres dont le tronc ou la cime a été cassé ou blessé par les bris naturels. Les bris sont causés par le vent, le verglas, la neige ou par la chute naturelle des arbres voisins. Dans ce groupe sont comptées aussi les tiges penchées dont l'angle de pente par rapport au sol est supérieur à 45°. Pour les dimensions de bris et des blessures, consulter le code des arbres blessés par la coupe ci-après;

- Bl : arbres blessés par les bris dus à la coupe. Cette classe est attribuée à une tige lorsque plus du tiers de la cime est perdue par l'abattage des arbres voisins ou aux tiges avec des troncs blessés selon le code suivant : > 50 cm^2 d'écorce abîmée sur les tiges entre 20 et 30 cm de diamètre, > 150 cm^2 sur les tiges de 20 à 30 cm de diamètre et > 300 cm^2 sur les tiges de 30 cm et plus;

- Dc : arbres atteints du dépérissement, avec plus de 30% de la cime dépérie. (Les causes de dépérissement demeurent inconnues);

- In : arbres endommagés par les insectes (perceur de l'érable) ou par la faune (porc-épic). Pour la dimension des blessures, le même code que pour les blessures causées par la coupe est utilisé;

- Dm : arbres ayant les défauts énumérés multiples (deux ou plus). Dans la grande majorité des cas, il s'agit d'une combinaison entre charbon-chancre-champignon-carie avec un autre défaut majeur;

- Au : arbres morts sur pied n'ayant aucun défaut majeur;

- Ch : chablis : arbres (sans ou avec défauts majeurs) déracinés et renversés par le vent ou par la chute des arbres voisins.

Les gaules ont été mesurées au compas forestier dix ans après la coupe dans quatre blocs de la forêt de Gatineau (FG) et dans le bloc établi en 1986 au lac Simon (LS). Les résultats de ces mesures sont publiés dans MAJCEN (1997). Dans les autres blocs, les gaules ont été mesurées quatorze ou quinze ans après la coupe et les résultats des mesures figurent dans le présent ouvrage.

Tous les quatorze blocs ont été établis sur des sites mésiques où se développent les groupements forestiers les plus répandus à dominance d'érable à sucre. Parmi ceux-ci, les quatre blocs de la forêt de Gatineau sont établis dans l'érablière laurentienne à tilleul et hêtre (ETH), un au lac Simon dans l'érablière à ostryer et hêtre (EOH), un au Grand lac Bénédict dans l'érablière à bouleau jaune typique (EB), un à Sainte-Véronique en 1984 dans l'érablière à bouleau jaune typique variante à tilleul (EBT) et tous les autres dans l'érablière à bouleau jaune et hêtre (EBH). La description écologique détaillée de ces groupements ou des secteurs où ils se trouvent figure dans les ouvrages suivants : LEMIEUX (1963) pour les secteurs situés au nord du fleuve Saint-Laurent, GRANDTNER (1966) pour l'ensemble des secteurs, GAGNON et MARCOTTE (1980) pour le secteur de Duchesnay, et MAJCEN *et al.* (1984) pour les secteurs de la forêt Gatineau, du lac Simon, du lac du Cordon et de Sainte-Véronique.

1.3 Analyses statistiques

Le plan d'expérience a été considéré comme un plan en blocs aléatoires comportant quatorze blocs et deux traitements (témoins et jardinées). Des analyses de la variance à mesure répétées (ANOVA) ont été effectuées sur les accroissements périodiques en surface terrière, et en diamètre afin de vérifier si le traitement a

des effets significatifs sur l'accroissement. De plus, les mêmes analyses ont été faites sur le nombre de gaules mesurées immédiatement après la coupe et après quinze ans afin de vérifier si le traitement et la période de temps écoulée depuis la mesure initiale avaient un effet significatif sur la régénération. Des ANOVA ont également été effectuées sur les arbres morts selon les principaux défauts énumérés à la section précédente. Les tests étaient reconnus significatifs lorsque la valeur de $p \leq 0,05$. Dans le cas où l'ANOVA présentait des différences significatives, des tests de comparaisons multiples de Tukey ont été effectués afin de comparer les traitements (témoins et jardinées) ou l'interaction entre le traitement et la période de mesure. Afin de respecter les hypothèses de l'ANOVA, soit l'homogénéité de la variance et la normalité des résidus, une transformation a été effectuée par le logarithme ou la racine carrée pour les recrues et pour le nombre de gaules.

Chapitre deux

Description dendrométrique des peuplements

2.1 Surface terrière, volume marchand et composition des peuplements

Le tableau 2 comprend la surface terrière et le volume marchand avant et immédiatement après la coupe, l'intensité de la coupe ainsi que la proportion des essences principales. Les surfaces terrières se situent dans les témoins entre 22,4 et 31,9 m^2/ha et dans les unités jardinées avant coupe entre 20,9 et 31,0 m^2/ha. L'intensité de la coupe varie de 19 à 37% de la surface terrière initiale. Les intensités de prélèvement les plus fortes correspondent aux peuplements où la quantité de tiges non vigoureuse était la plus élevée. Le volume marchand des témoins se situe entre 154 et 282 m^3/ha et des unités jardinées entre 159 et 286 m^3/ha avant la coupe et entre 118 et 223 m^3/ha après la coupe.

Le marquage pour la coupe visait les tiges non vigoureuses dans toutes les classes de diamètre dont la chance de survie serait moindre au cours de la rotation de quinze à vingt ans (MAJCEN *et al.* 1990). Les opérations de récolte ont été effectuées par l'abattage manuel à l'aide d'une scie mécanique et le débardage a été exécuté à l'aide d'une débusqueuse à câble. Aucune directive particulière n'a été donnée concernant l'exécution des opérations de récolte outre le respect du martelage pour le prélèvement. La coupe a été pratiquée dans la majorité des secteurs entre la fin d'août et le début de décembre à l'exception du lac Simon (juillet), du lac du Cordon (janvier) et du lac Mégantic (février).

L'érable à sucre est l'essence dominante de toutes les unités et dans la grande majorité de celles-ci, il dépasse largement les autres essences. Le hêtre est en général la deuxième essence en importance, absente uniquement dans deux blocs établis dans l'érablière à bouleau jaune typique (88-BE) et à tilleul (84-SV). Le bouleau jaune est plus abondant dans quatre blocs situés géographiquement les plus à l'est (DU, LM, BO et BE) et beaucoup moins dans les érablières à bouleau jaune dans la partie ouest du Québec (SV et LC). Il est absent ou présent en quantité minime dans l'érablière à tilleul (FG) et dans l'érablière à ostryer (EOH dans le secteur LS). Le tilleul est présent dans quelques blocs de la partie ouest, parfois comme deuxième ou troisième espèce en importance. L'érable rouge et quelques autres essences indiquées sur le tableau 2 sont encore moins fréquentes et en général présentes en quantité minime.

2.2 Distribution diamétrale des tiges

La figure 2 présente la distribution des tiges avant la coupe, immédiatement après (dans les unités coupées) et après quinze ans. Les distributions initiales de toutes les unités sont caractéristiques des peuplements inéquiennes. Le nombre des tiges est le plus élevé dans les petits diamètres et diminue au fur et à mesure que les diamètres augmentent. Malgré ce trait commun, les distributions diffèrent entre les blocs et les unités en fonction des variations du nombre de tiges par classe de diamètre. Dans la grande majorité des unités, la distribution diamétrale des tiges ressemble à un « J » inversé. Dans deux unités (86-SV-j et 87-SV-j), le nombre des tiges est à peu près le même entre la première (dhp médian de 14 cm) et la deuxième classe (dhp médian de 24 cm). Dans une unité (87-LC-t), on peut percevoir la courbe de type sigmoïdale, laquelle a été décrite par GOFF et WEST (1975), caractérisée par un surplus des tiges dans les classes moyennes, signalée également par BÉDARD et MAJCEN (2003).

Quinze ans après la coupe, les distributions ressemblent à la forme initiale, mais on peut remarquer le déplacement des tiges entre les classes et leur accumulation dans certaines parmi celles-ci. Le nombre des tiges de première classe (diamètre médian de 14 cm) a diminué dans tous les témoins et dans la majorité des unités jardinées. De même, l'augmentation du nombre est plus fréquente dans les classes de diamètre supérieures. L'évolution des tiges montre certaines caractéristiques communes, mais peut varier entre les blocs et les unités en fonction du nombre initial de tiges par classes de diamètre et de la surface terrière résiduelle. Rappelons que l'objectif du jardinage est d'établir un équilibre entre les classes de diamètre afin de maintenir une production soutenue dans le temps. Cet équilibre ne peut s'établir à la suite d'une seule intervention surtout lorsque les peuplements ont subi des perturbations.

Tableau 2. Surface terrière et volume marchand avant et après la coupe

Bloc		Surface terrière m²/ha dhp > 9 cm	Intensité de la coupe %	Volume marchand							Autres essences par ordre d'importance
				m³/ha	Pourcentage						
					Ers*	Boj	Heg	Tia	Err	Autres essences	
84-SV-t-EBT		29,0		270	83	10	–	7	–	<1	Osv
84-SV-j-EBT	avant coupe	31,0		286	81	6	–	13	–	<1	Epb Osv
	après coupe	24,5	21	222	81	6	–	12	–	1	Osv
85/86-SV-t-EBH		24,9		212	98		2	–	–	<1	Osv Ora
85-SV-j-EBH	avant coupe	27,5		240	90	6	3	–	–	<1	Epr
	après coupe	18,7	32	157	95	2	2	–	–	1	Epr
86-SV-j-EBH	avant coupe	28,4		257	88	1	11	–	–	<1	Osv
	après coupe	19,1	33	167	83	2	15	–	–	<1	Osv
87-SV-t-EBH		31,9		282	82	2	16	–	–	–	
87-SV-j-EBH	avant coupe	29,6		267	94	<1	6	–	–	–	
	après coupe	21,3	28	187	92	<1	7	–	–	–	
88-SV-t-EBH		29,2		254	61	1	37	–	–	1	Epr
88-SV-j-EBH	avant coupe	27,1		229	91	<1	8	–	–	1	Epr
	après coupe	21,0	23	174	93	<1	6	–	–	1	Epr
84-FG-t-ETH		23,4		222	96	–	1	1	–	2	Osv Fra
84-FG-j-ETH	avant coupe	23,8		216	97	–	1	1	–	1	Osv Fra
	après coupe	18,6	22	173	97	–	1	1	–	1	Osv Fra
85-FG-t-ETH		26,5		238	97	–	1	2	–	–	
85-FG-j-ETH	avant coupe	25,2		226	82	<1	17	1	–	<1	Fra Osv
	après coupe	19,3	24	171	87	<1	12	1	–	<1	Fra Osv
86-FG-t-ETH		24,0		189	50	<1	36	–	9	5	Cet Chr Pru Osv Sab
86-FG-j-ETH	avant coupe	27,4		259	79	2	3	13	2	1	Osv Cet Epb Sab
	après coupe	18,4	33	169	73	4	2	18	2	1	Osv Cet Epb Sab
87-FG-t-ETH		26,1		256	89	–	6	2	<1	3	Osv Peg Bop Chr
87-FG-j-ETH	avant coupe	27,4		230	67	–	18	–	–	15	Chr Bop Osv Peg
	après coupe	17,1	37	135	73	–	16	–	–	11	Bop Chr Peg Osv
86-LS-t-EOH		24,9		193	57	1	41	–	<1	<1	Osv
86-LS-j-EOH	avant coupe	24,2		195	78	–	22	–	–	<1	Osv
	après coupe	19,7	19	152	85	–	15	–	<1	<1	Osv
87-LC-t-EBH		22,5		193	89	<1	3	5	–	3	Cet Ora Osv
87-LC-j-EBH	avant coupe	25,8		215	74	<1	14	7	–	4	Cet Ora Sab Osv Epr
	après coupe	16,8	35	136	80	1	4	9	–	6	Cet Ora Sab Osv Epr
88-BE-t-EBT		22,4		154	71	17	–	–	–	12	Epb Frn Sab Bop
88-BE-j-EBT	avant coupe	23,3		159	83	13	–	–	1	3	Epb Sab
	après coupe	18,4	21	122	81	17	–	–	<1	1	Sab Epb
88-BO-t-EBH		25,9		171	51	6	20	–	22	1	Sab
88-BO-j-EBH	avant coupe	28,7		211	52	13	19	–	15	<1	Epb
	après coupe	20,0	31	139	55	14	12	–	19	<1	Epb
88-DU-t-EBH		26,4		234	53	31	15	–	1	<1	Epr
88-DU-j-EBH	avant coupe	23,8		207	61	18	20	–	–	<1	Frn Epr
	après coupe	17,7	25	154	64	15	21	–	–	<1	Frn Epr
88-LM-t-EBH		28,5		261	89	3	8	–	–	<1	Epr
88-LM-j-EBH	avant coupe	28,7		262	71	11	17	–	–	<1	Epr
	après coupe	20,2	30	181	76	8	15	–	–	<1	Epr

* Ers = érable à sucre, Boj = bouleau jaune, Tia = tilleul d'Amérique, Err = érable rouge, Osv = ostryer de Virginie, Ora = orme d'Amérique, Epb = épinette blanche, Epr = épinette rouge, Fra = frêne d'Amérique, Cet = cerisier tardif, Chr = chêne rouge, Pru = pruche du Canada, Sab = sapin baumier, Peg = peuplier à grandes dents, Bop = bouleau à papier, Frn = frêne noir.

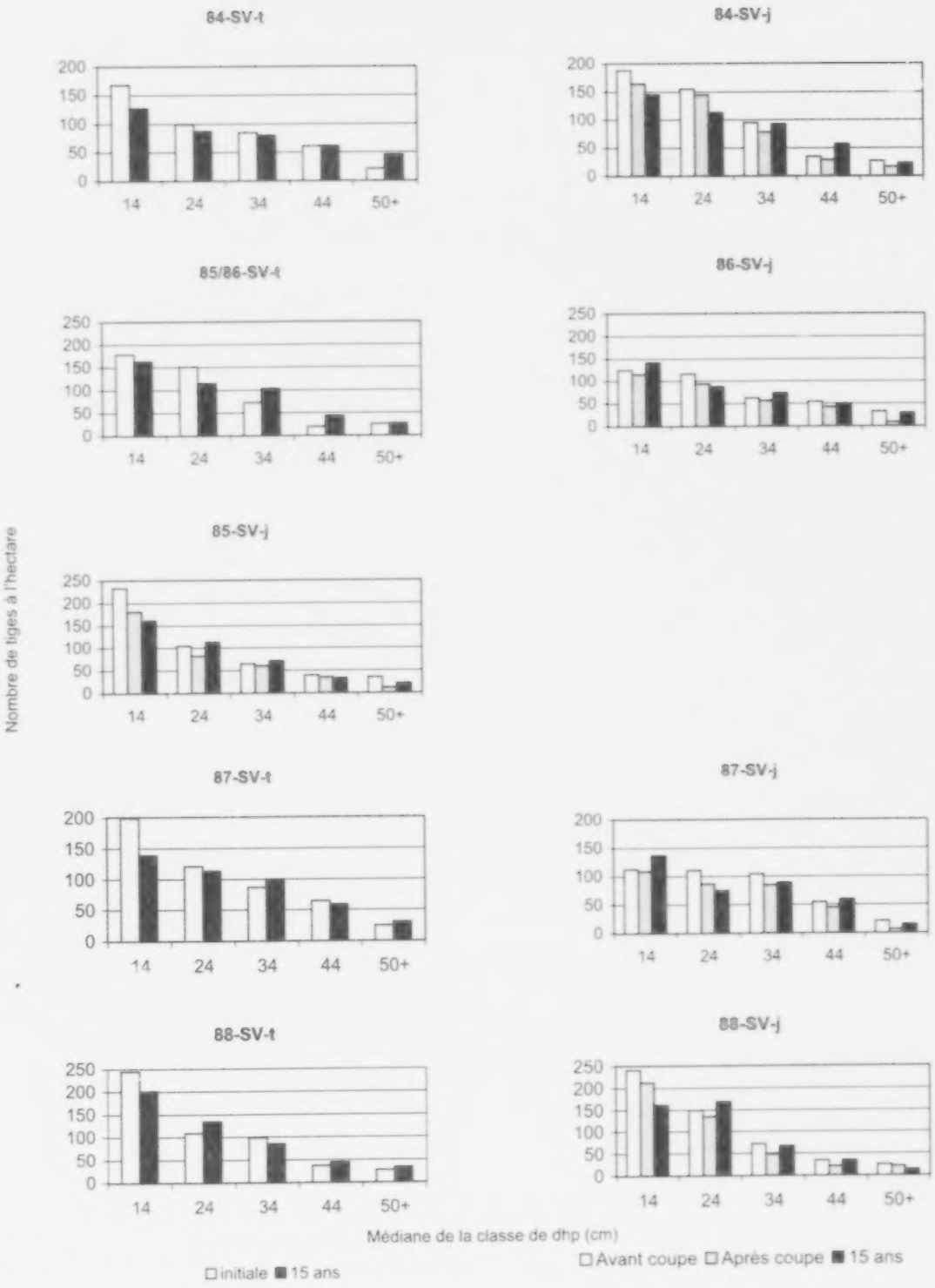

Figure 2. Distribution diamétrale des tiges.

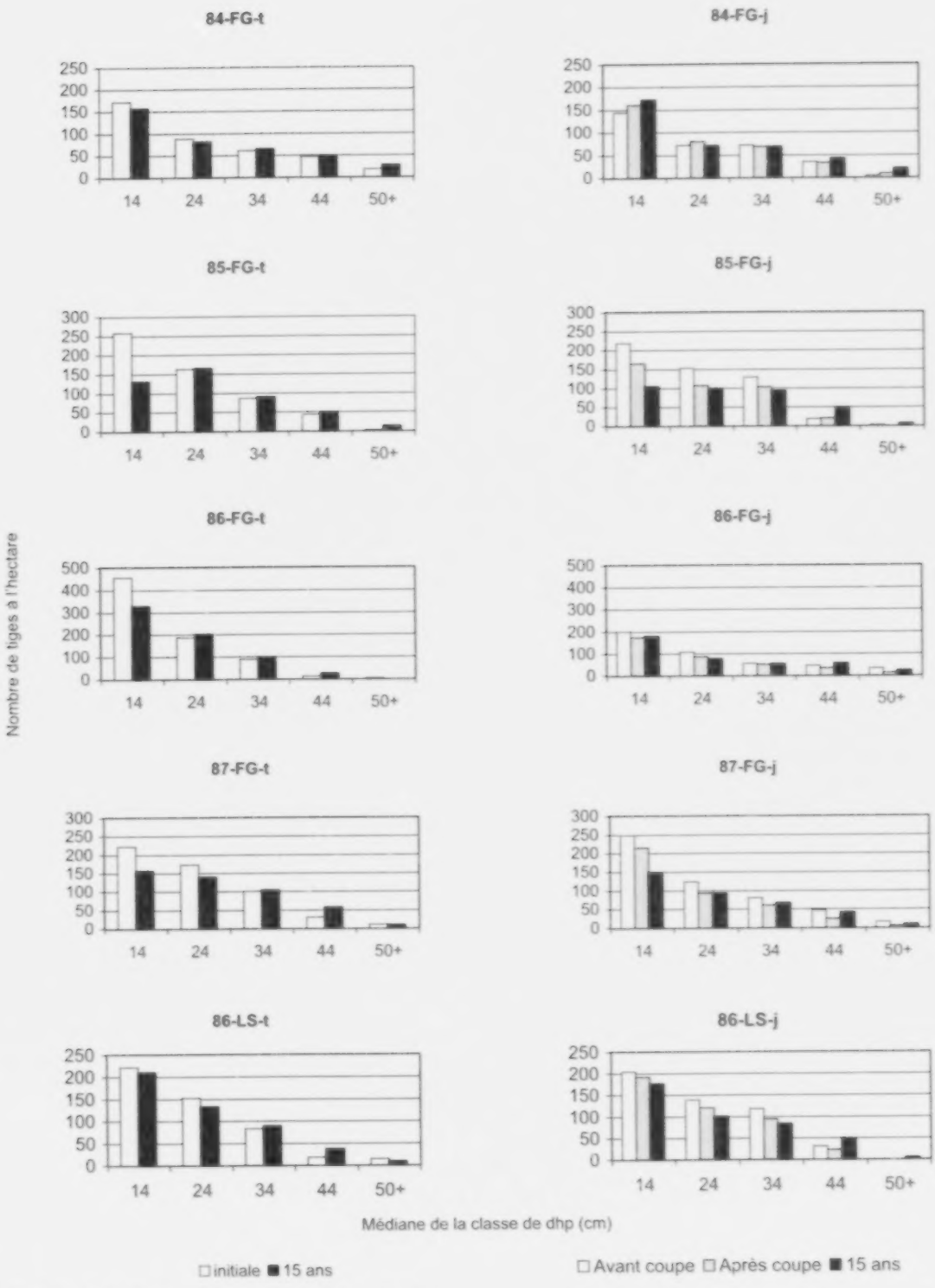

Figure 2 (Suite). Distribution diamétrale des tiges.

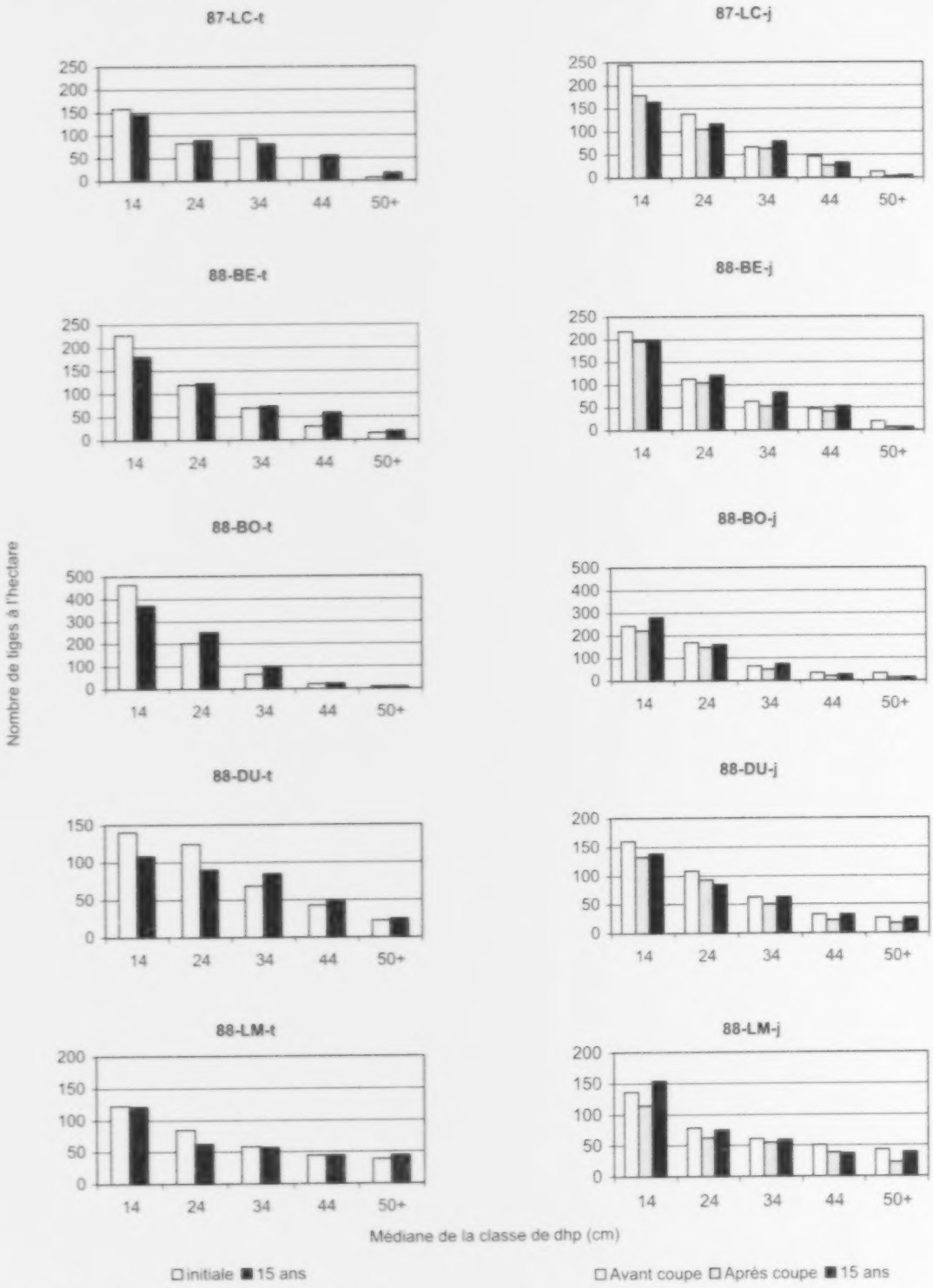

Figure 2 (Suite). Distribution diamétrale des tiges.

Selon NYLAND (1998), il faut s'attendre généralement à ce qu'un équilibre s'établisse seulement après deux ou trois rotations.

Dans une première intervention l'assainissement du peuplement sera généralement plus important que la régularisation de la structure diamétrale. En effet, étant donné l'historique des peuplements, lesquels n'ont jamais été éduqués auparavant, la quantité de tiges non vigoureuses est généralement assez importante. Conséquemment, si l'on veut obtenir une production nette intéressante, il faut d'abord éliminer les individus les plus défectueux et les plus à risque de mourir. Par conséquent, cette opération permettra également d'ouvrir le couvert, ce qui favorisera d'une part la régénération et d'autre part la production des meilleurs individus sur pied.

Chapitre trois

Accroissement des tiges marchandes (dhp ≥ 9,1 cm)

Termes généraux utilisés :

- accroissement annuel des tiges survivantes : accroissement des tiges de 9,1 cm et plus de dhp vivantes aux deux mesures;
- recrues : tiges ayant atteint 9,1 cm et plus de dhp entre les deux mesures;
- accroissement annuel brut : accroissement annuel des tiges survivantes plus les recrues;
- mortalité : tiges de 9,1 cm et plus de dhp présentes à la première mesure et mortes à la deuxième;
- accroissement annuel net : accroissement annuel brut moins la mortalité.

3.1 Accroissement en surface terrière quinze ans après la coupe

Les résultats des accroissements annuels périodiques en surface terrière sont présentés au tableau 3. Les moyennes et les erreurs-types sont illustrées à la figure 3. Le lecteur peut également consulter les résultats des accroissements annuels périodiques en volume à l'annexe 2.

Les résultats obtenus et les analyses statistiques effectuées permettent de tirer les conclusions suivantes :

- les accroissements annuels périodiques des tiges survivantes varient entre 0,33 et 0,49 m²/ha dans les témoins et entre 0,34 et 0,50 m²/ha dans les jardinées. Les moyennes des accroissements des témoins et des jardinées sont presque identiques (0,41 et 0,40 m²/ha respectivement) et les tests indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux traitements ($F = 1,20$, $p = 0,2918$);
- l'accroissement annuel périodique moyen des recrues dans les unités jardinées (0,06 m²/ha) est deux fois supérieur par rapport à celui des témoins (0,03 m²/ha). Les tests réalisés sur la racine carrée des valeurs obtenues indiquent qu'il y a une différence significative entre les unités témoins et jardinées ($F = 22,80$, $p = 0,0006$);
- la moyenne des accroissements annuels périodiques bruts est légèrement supérieure dans les unités jardinées (0,46 m²/ha) par rapport à celle des témoins (0,44 m²/ha), mais il n'y a pas de différence significative entre les deux traitements ($F = 1,55$, $p = 0,2336$);
- la mortalité annuelle périodique moyenne est plus élevée dans les témoins (0,28 m²/ha) par rapport à celle des jardinées (0,14 m²/ha) et celle-ci est significative ($F = 35,96$, $p < 0,0001$);
- l'accroissement annuel périodique net est supérieur dans les unités jardinées (0,31 m²/ha) par rapport à celui des témoins (0,16 m²/ha). La différence entre les deux traitements est significative ($F = 33,62$, $p < 0,0001$).

Les accroissements annuels moyens calculés quinze ans après la coupe s'approchent des résultats obtenus antérieurement, cinq et dix ans après la coupe, dans les divers secteurs et à ceux d'une première étude quinze ans après la coupe dans la forêt Mousseau. Les résultats obtenus montrent que l'accroissement annuel net moyen des unités jardinées après cinq ans est de 0,36 m²/ha et des témoins de 0,23 m²/ha dans Majcen et Richard (1992), de 0,34 m²/ha (jardinées) et de 0,19 m²/ha (témoins) dans Majcen et Richard (1995) et de 0,40 m²/ha (jardinées) et 0,16 m²/ha (témoins) dans Majcen 1996. Après dix ans, les mêmes valeurs sont de 0,39 m²/ha (jardinées) et 0,23 m²/ha (témoins) dans Majcen (1995), de 0,25 m²/ha (jardinées) et 0,15 m²/ha (témoins) dans Majcen (1997), de 0,33 m²/ha (jardinées) et 0,15 m²/ha (témoins) dans Bédard et Majcen (2001) et de 0,35 m²/ha (jardinées) et 0,14 m²/ha (témoins) dans Bédard et Majcen 2003. Quinze ans après la coupe, l'accroissement annuel moyen net dans un seul bloc étudié est de 0,38 m²/ha (jardinées) et de 0,28 m²/ha (témoin) Majcen et Bédard (2000). Sauf pour de rares exceptions constatées dans

Tableau 3. Accroissements annuels périodiques en surface terrière quinze ans après la coupe de jardinage

Bloc	Surface terrière m²/ha	Tiges survivantes m²/ha	Tiges recrues m²/ha	Accroissement brut m²/ha	Mortalité m²/ha	Accroissement net m²/ha
84-SV-t-EBT	29,0	0,48	0,03	0,51	0,18	0,32
84-SV-j-EBT	24,5	0,50	0,03	0,53	0,16	0,37
85/86-SV-t-EBH	24,9	0,49	0,03	0,52	0,20	0,33
85-SV-j-EBH	18,7	0,40	0,05	0,45	0,12	0,33
86-SV-j-EBH	19,1	0,48	0,05	0,53	0,03	0,49
87-SV-t-EBH	31,9	0,41	0,01	0,42	0,35	0,07
87-SV-j-EBH	21,3	0,39	0,05	0,44	0,17	0,27
88-SV-t-EBH	29,2	0,42	0,03	0,45	0,34	0,11
88-SV-j-EBH	21,0	0,40	0,03	0,43	0,21	0,22
84-FG-t-ETH	23,4	0,34	0,03	0,37	0,28	0,09
84-FG-j-ETH	18,6	0,39	0,07	0,46	0,20	0,26
85-FG-t-ETH	26,5	0,37	0,01	0,38	0,34	0,03
85-FG-j-ETH	19,3	0,34	0,01	0,35	0,15	0,20
86-FG-t-ETH	24,0	0,34	0,02	0,36	0,28	0,08
86-FG-j-ETH	18,4	0,39	0,09	0,48	0,15	0,33
87-FG-t-ETH	26,1	0,38	0,02	0,40	0,29	0,11
87-FG-j-ETH	17,1	0,36	0,03	0,38	0,20	0,18
86-LS-t-EOH	24,9	0,36	0,06	0,42	0,47	-0,05
86-LS-j-EOH	19,7	0,36	0,05	0,41	0,24	0,16
87-LC-t-EBH	22,5	0,41	0,04	0,45	0,25	0,20
87-LC-j-EBH	16,8	0,39	0,06	0,45	0,18	0,26
88-BE-t-EBT	22,4	0,49	0,02	0,52	0,10	0,41
88-BE-j-EBT	18,4	0,49	0,05	0,54	0,10	0,44
88-BO-t-EBH	25,9	0,48	0,03	0,52	0,25	0,27
88-BO-j-EBH	20,0	0,42	0,09	0,52	0,15	0,36
88-DU-t-EBH	26,4	0,33	0,02	0,35	0,26	0,09
88-DU-j-EBH	17,7	0,36	0,04	0,39	0,06	0,33
88-LM-t-EBH	28,5	0,41	0,03	0,44	0,40	0,04
88-LM-j-EBH	20,2	0,38	0,07	0,45	0,09	0,36

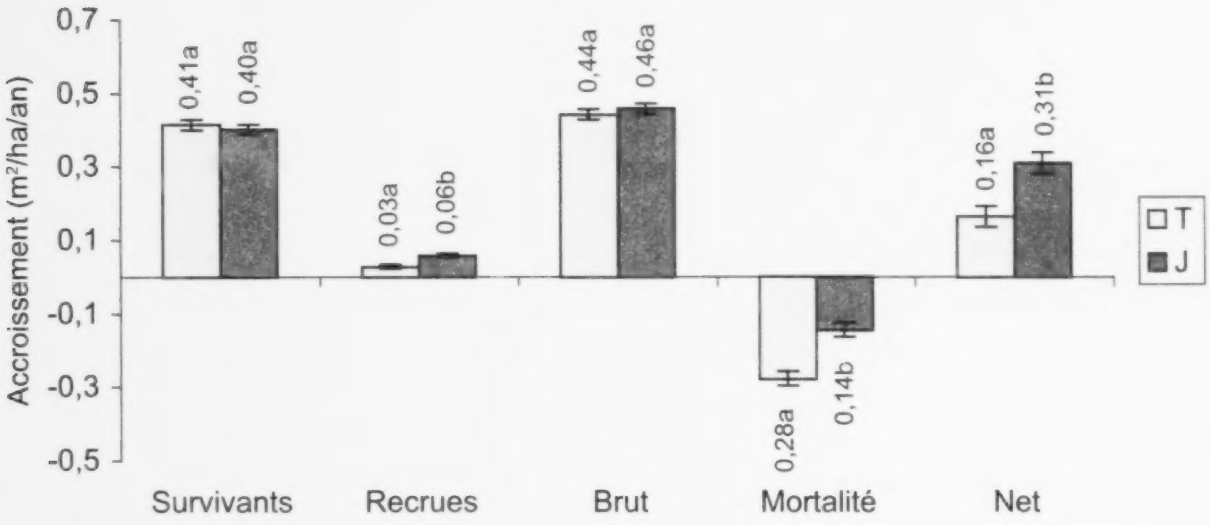

Figure 3. Accroissements annuels périodiques moyens en surface terrière pour la période de quinze ans.

les ouvrages cités précédemment, le présent ouvrage confirme les trois constantes reconnues :

- les accroissements des tiges survivantes des unités jardinées et des témoins sont semblables. Le prélèvement d'une partie de la surface terrière a stimulé la croissance des tiges résiduelles dans les unités jardinées. Comme conséquence, avec une surface terrière plus faible dans les unités jardinées, après la coupe, on produit le même accroissement que celle dans les témoins;

- la mortalité est supérieure dans les témoins. On s'attend généralement à un tel résultat parce que la coupe de jardinage, correctement appliquée, vise d'abord les arbres non vigoureux, diminuant ainsi la mortalité;

- l'accroissement net est supérieur dans les unités jardinées. Ce résultat est conséquent à un bon accroissement brut conjugué à une mortalité sensiblement moindre dans les unités jardinées par rapport aux témoins.

Les forestiers américains obtiennent de meilleurs résultats après la coupe de jardinage dans les états situés plus au sud avec un climat plus doux et une saison de végétation plus longue. Ainsi, au Wisconsin, ERDMAN et OBERG (1973) obtiennent des accroissements annuels nets de 0,61 et 0,70 m²/ha quinze ans après la coupe pour des surfaces terrières respectives de 21 et 17 m²/ha. Au Michigan, CROW *et al.* (1981) obtiennent 0,40 m²/ha pour une surface terrière de 21 m²/ha dans les érablières jardinées. Nos résultats sont plus près de ceux de SOLOMON (1977) qui obtient des accroissements annuels nets de 0,26 à 0,38 m²/ha pour une surface terrière de 18,4 m²/ha dans l'État du New Hampshire et à ceux de ONDRO et LOVE (1979) en Ontario avec un accroissement annuel net de 0,25 et 0,30 m²/ha pour des surfaces terrières de 22 et 20 m²/ha respectivement. Les conditions climatiques d'où proviennent ces deux derniers ouvrages ressemblent le plus à celles du Québec méridional.

Les résultats de l'accroissement net, obtenus dans la présente étude, indiquent que le retour à des surfaces terrières comparables à celles d'avant la coupe est variable selon les peuplements et les secteurs étudiés. En effet, dans deux blocs de Sainte-Véronique (84-SV et 86-SV) et dans un bloc du Bas-Saint-Laurent (88-BE), la période nécessaire à la reconstitution de la surface terrière initiale est pratiquement terminée quinze ans après la coupe. Dans les autres secteurs, si l'on pose l'hypothèse que l'accroissement net se poursuivra au même rythme que l'accroissement annuel moyen observé pour les quinze premières années, on peut s'attendre à un retour à des surfaces terrières avoisinant celle du départ après vingt ans ou quelques années de plus dans certains cas. Toutefois, comme nous l'avions soulevé lors d'un ouvrage antérieur (BÉDARD et MAJCEN 2003), le retour à la surface terrière initiale n'est qu'une approximation de la période de rotation. Cette évaluation ne doit être considérée qu'à titre indicatif puisque l'état initial d'un peuplement n'est pas

nécessairement un indicateur du potentiel de la station sur laquelle il se situe. La période de rotation pourra être plus ou moins longue selon la station et selon les objectifs que l'aménagiste aura fixés. Entre autres, comme les présents résultats nous l'indiquent, la densité visée afin de maintenir la forêt dans une production soutenue pourra varier selon les stations. Les résultats de l'accroissement des peuplements témoins dans cette étude semblent l'indiquer. À titre d'exemple, le témoin du peuplement 84-SV, malgré sa surface terrière élevée, a obtenu un accroissement annuel périodique net de 0,32 m^2/ha pour la période de quinze ans où il est passé de 29 à 33,8 m^2/ha. Ce résultat semble indiquer que l'on peut viser une densité relativement élevée sur une bonne station. Par contre, certains témoins de d'autres secteurs ne se sont pratiquement pas accrus durant la même période alors que leur densité initiale était plus faible. Par exemple, le témoin 86-LS a décru au cours des quinze années d'observations, malgré le fait qu'il avait une densité initiale de seulement 24,9 m^2/ha.

3.2 Accroissement en diamètre quinze ans après la coupe

Les accroissements annuels périodiques moyens en diamètre sont présentés au tableau 4 par classe de 10 cm. Les moyennes et erreurs-types sont illustrées à la figure 4. Les résultats indiquent que les accroissements annuels périodiques moyens varient de 2,04 à 2,73 mm pour les témoins et de 2,81 à 3,37 mm pour les jardinées. De plus, les tests statistiques indiquent que l'accroissement annuel périodique en diamètre est significativement plus élevé dans les unités jardinées des quatre premières classes ($F_{14} = 44,04$, $p_{14} < 0,001$, $F_{24} = 18,43$, $p_{24} = 0,006$, $F_{34} = 5,39$, $p_{34} = 0,0348$, $F_{44} = 4,59$, $p_{44} = 0,0408$). Les différences d'accroissement entre les jardinées et les témoins varient de 0,45 mm pour la classe 34 à 0,89 mm pour la classe 14 et ce en faveur des jardinées. Pour la classe 50 et + les tests ne détectent pas de différence significative ($F_{50+} = 1,08$, $p = 0,3155$) mais la différence observée est tout de même de 0,48 mm en faveur des jardinées. Ces résultats indiquent que les effets positifs de la coupe sont surtout observés sur les tiges des petits et moyens diamètres. Des résultats semblables ont également été obtenus par Jones et Thomas (2004) cinq ans après la coupe et par Bédard et Majcen (2001 et 2003) dix ans après la coupe. Les différences de croissance observées pour les tiges de petits et moyens diamètres pourraient s'expliquer par le fait qu'elles bénéficient d'un apport accru de lumière, conséquence du dégagement des cimes par la coupe. En contrepartie, les tiges des classes de diamètres supérieures, étant déjà en position dominante, ne bénéficieraient pas d'un changement significatif de leur environnement lumineux.

Les résultats obtenus dans les travaux des Américains indiquent que les accroissements sont en général plus élevés qu'au Québec, probablement en raison de conditions climatiques plus favorables. Parmi ceux-ci, Mader et Nyland (1984) obtiennent un accroissement annuel moyen de 3,81 mm six années après la coupe pour les petites et moyennes tiges et 4,06 mm pour les grosses tiges. Strong *et al.* (1995) ont observé des accroissements annuels moyens entre 4,06 et 4,32 mm pour les tiges de 12 cm pour une période de 40 ans après des coupes de jardinage répétées selon une rotation de 10 ans. Les résultats présentés dans cet ouvrage ressemblent plus à ceux de Crow *et al.* (1981) lesquels montrent un accroissement annuel de 2,98 mm vingt ans après la coupe pour les tiges de 15 cm et plus de diamètre. Les résultats sont inférieurs aux études de Solomon (1977) lesquelles révèlent des accroissements annuels moyens en diamètre de 1,02 à 2,28 mm pour les tiges d'essences feuillues de 12 cm et plus dix ans après une coupe de jardinage. Ondro et Love (1977) obtiennent des accroissements de 1,78 à 2,67 mm par an pour les tiges de 10 cm et plus dix ans après une coupe dans une érablière du sud de l'Ontario.

Tableau 4. Accroissements annuels périodiques en diamètre (mm) par classe de diamètre

Bloc	Surface terrière m²/ha	Diamètre médian de la classe de diamètre (cm)				
		14	24	34	44	50+
84-SV-t-EBT	29,0	1,87	2,22	3,23	3,87	2,20
84-SV-j-EBT	24,5	2,16	3,16	3,31	3,50	3,15
85/86-SV-t-EBH	24,9	2,13	3,39	3,35	2,76	3,24
85-SV-j-EBH	18,7	3,02	3,11	3,30	2,94	2,29
86-SV-j-EBH	19,1	2,75	3,90	3,70	3,69	3,66
87-SV-t-EBH	31,9	1,68	2,43	2,33	2,53	2,44
87-SV-j-EBH	21,3	2,90	3,21	3,02	2,48	1,93
88-SV-t-EBH	29,2	1,85	2,84	2,37	2,68	1,98
88-SV-j-EBH	21,0	2,68	3,18	2,24	2,15	1,99
84-FG-t-ETH	23,4	2,14	2,64	2,60	2,63	2,79
84-FG-j-ETH	18,6	3,35	3,47	3,51	2,93	2,48
85-FG-t-ETH	26,5	1,79	2,61	1,93	2,23	1,40
85-FG-j-ETH	19,3	1,82	2,50	2,73	3,10	–
86-FG-t-ETH	24,0	1,32	1,94	2,06	1,51	–
86-FG-j-ETH	18,4	3,10	3,72	4,11	3,35	1,63
87-FG-t-ETH	26,1	1,40	2,36	2,74	1,95	2,24
87-FG-j-ETH	17,1	2,44	3,31	3,08	3,55	3,37
86-LS-t-EOH	24,9	2,26	2,61	2,70	1,60	1,75
86-LS-j-EOH	19,7	2,42	2,61	2,80	3,60	–
87-LC-t-EBH	22,5	2,49	3,45	3,05	2,88	2,10
87-LC-j-EBH	16,8	3,41	3,62	2,92	2,37	4,13
88-BE-t-EBT	22,4	2,40	2,77	3,58	3,31	3,46
88-BE-j-EBT	18,4	2,82	3,75	3,59	3,10	6,73
88-BO-t-EBH	25,9	1,53	2,81	2,30	2,96	2,80
88-BO-j-EBH	20,0	2,79	2,85	3,09	2,16	2,08
88-DU-t-EBH	26,4	1,87	2,39	2,50	2,31	2,24
88-DU-j-EBH	17,7	2,77	3,48	2,92	2,80	1,77
88-LM-t-EBH	28,5	2,72	3,27	3,53	3,07	2,68
88-LM-j-EBH	20,2	3,49	3,69	2,89	2,76	2,29

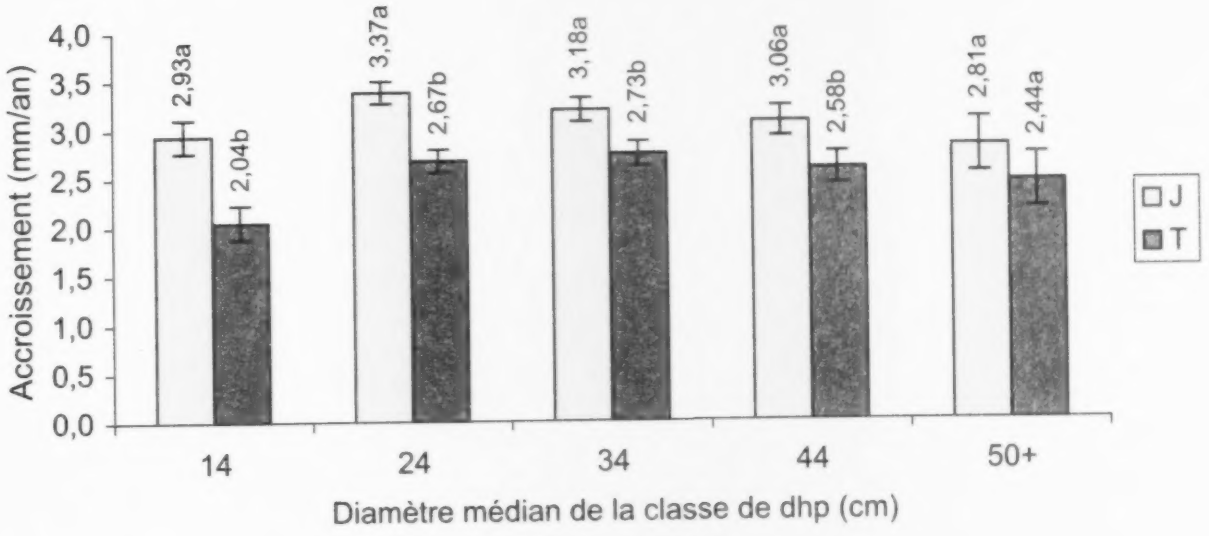

Figure 4. Accroissements annuels périodiques moyens en diamètre.

Chapitre quatre

Mortalité des arbres en fonction des défauts

4.1 Mortalité des arbres sans et avec défauts majeurs

La répartition de la mortalité est illustrée à la figure 5 et les données afférentes à celle-ci apparaissent dans le tableau 5. Cette figure illustre les surfaces terrières moyennes des tiges marchandes lesquelles étaient vivantes après la coupe et devenues mortes au cours des quinze années suivantes. Les résultats sont présentés selon deux grandes catégories : les arbres morts sans aucun défaut majeur et les arbres morts ayant un ou plusieurs défauts majeurs tels que ceux décrits dans le paragraphe 1.2. Dans les deux groupes, les arbres morts sur pied ont été séparés des arbres renversés par le vent (chablis).

Pour les arbres sans défaut majeur, les résultats montrent qu'il ne semble pas y avoir de différence entre les témoins et les jardinées pour les arbres morts sur pied et chablis. Les moyennes respectives des jardinées sont de 0,52 et 0,06 m^2/ha et de 0,60 et 0,07 m^2/ha pour les témoins. Ces résultats indiquent que la mortalité afférente aux tiges renversées est beaucoup plus faible que celle associée aux tiges sur pied. En ce qui concerne les arbres avec défauts majeurs, la surface terrière moyenne des tiges mortes sur pied est beaucoup plus élevée dans les témoins (3,55 m^2/ha) que dans les jardinées (1,63 m^2/ha). D'autre part, la surface terrière des arbres morts par chablis dans les jardinées est très faible (0,01 m^2/ha) tandis que celle des témoins est légèrement plus élevée (0,10 m^2/ha) mais demeure faible.

On peut donc conclure que près de 75% de la surface terrière perdue par mortalité dans les unités jardinées se compose de tiges avec des défauts majeurs et que cette proportion atteint 85% dans les témoins. De plus, les arbres n'ayant aucun défaut majeur représentent donc une proportion beaucoup plus faible de la mortalité et celle-ci est très semblable dans les traités comme dans les témoins. Les chablis sont une composante mineure de la mortalité autant dans les témoins que dans les jardinées.

4.2 Mortalité en fonction de catégories des défauts

La répartition de la mortalité en surface terrière selon les défauts majeurs observés initialement sur les tiges est présentée au tableau 6. Les défauts majeurs sur

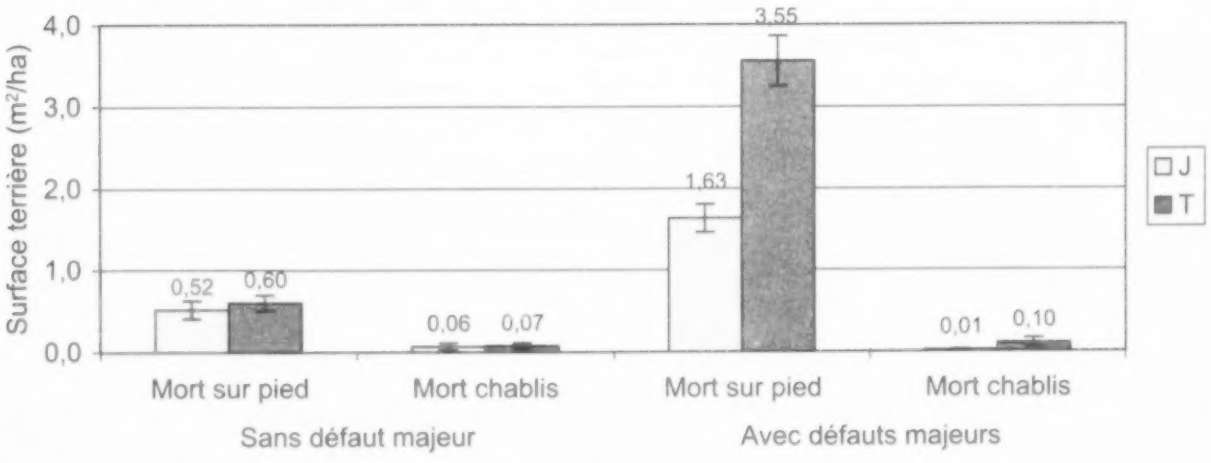

Figure 5. Répartition moyenne de la mortalité en surface terrière.

Tableau 5. Mortalité des arbres sans et avec défauts majeurs

Bloc	Surface terrière dhp > 9 cm m²/ha	Arbres sans défaut majeur morts au cours de quinze ans				Arbres avec défauts majeurs morts au cours de quinze ans			
		Tous m²/ha	Morts sur pied m²/ha	Chablis m²/ha	Mortalité totale m²/ha	Tous m²/ha	Morts sur pied m²/ha	Chablis m²/ha	Mortalité totale m²/ha
84-SV-t-EBT	29,0	11,91	0,56	0,00	0,56	17,04	2,19	0,00	2,19
84-SV-j-EBT	24,5	11,12	0,22	0,00	0,22	13,41	2,10	0,00	2,10
85/86-SV-t-EBH	24,9	11,83	0,01	0,00	0,01	13,11	2,93	0,00	2,93
85-SV-j-EBH	18,7	10,63	0,52	0,00	0,52	8,11	1,31	0,00	1,31
86-SV-j-EBH	19,1	9,56	0,31	0,00	0,31	9,51	0,13	0,00	0,13
87-SV-t-EBH	31,9	12,99	0,28	0,00	0,28	18,87	5,01	0,00	5,01
87-SV-j-EBH	21,3	8,81	0,02	0,00	0,02	12,46	2,40	0,00	2,40
88-SV-t-EBH	29,2	12,92	0,69	0,47	1,16	16,27	3,59	0,31	3,90
88-SV-j-EBH	21,0	8,27	0,38	0,00	0,38	12,71	2,78	0,00	2,78
84-FG-t-ETH	23,4	7,81	0,24	0,00	0,24	15,57	4,28	0,00	4,28
84-FG-j-ETH	18,6	6,52	0,82	0,00	0,82	12,03	2,16	0,00	2,16
85-FG-t-ETH	26,5	10,34	0,85	0,00	0,85	16,19	4,29	0,00	4,29
85-FG-j-ETH	19,3	11,24	0,94	0,00	0,94	8,03	1,24	0,00	1,24
86-FG-t-ETH	24,0	11,12	1,15	0,00	1,15	12,83	3,22	0,00	3,22
86-FG-j-ETH	18,4	9,34	0,77	0,00	0,77	9,04	1,48	0,00	1,48
87-FG-t-ETH	26,1	11,65	0,72	0,00	0,72	14,46	3,65	0,00	3,65
87-FG-j-ETH	17,1	10,25	1,47	0,00	1,47	6,87	1,43	0,15	1,58
86-LS-t-EOH	24,9	9,24	1,30	0,13	1,43	15,62	5,60	0,00	5,60
86-LS-j-EOH	19,7	10,34	1,26	0,00	1,26	9,33	2,40	0,00	2,40
87-LC-t-EBH	22,5	8,39	0,48	0,13	0,60	14,09	2,88	0,26	3,14
87-LC-j-EBH	16,8	9,28	0,67	0,70	1,37	7,56	1,40	0,00	1,40
88-BE-t-EBT	22,4	14,92	0,53	0,00	0,53	7,45	1,01	0,00	1,01
88-BE-j-EBT	18,4	12,30	0,00	0,00	0,00	6,09	1,57	0,00	1,57
88-BO-t-EBH	25,9	12,80	0,97	0,00	0,97	13,11	2,77	0,00	2,77
88-BO-j-EBH	20,0	11,38	0,09	0,00	0,09	8,67	2,22	0,00	2,22
88-DU-t-EBH	26,4	8,94	0,23	0,00	0,23	17,44	3,68	0,00	3,68
88-DU-j-EBH	17,7	10,65	0,17	0,00	0,17	7,10	0,77	0,00	0,77
88-LM-t-EBH	28,5	4,33	0,38	0,19	0,58	24,19	4,65	0,80	5,45
88-LM-j-EBH	20,2	6,49	0,09	0,17	0,26	13,70	1,07	0,00	1,07

certains arbres ont parfois disparus lors des mesurages subséquents. C'est notamment le cas des arbres qui sont en mesure de refaire leur cime endommagée par les bris naturels ou atteints du dépérissement et des arbres blessés par la coupe ou par les animaux dont les blessures peuvent se stabiliser ou se cicatriser. Ces arbres figurent au tableau 5 parmi ceux avec défauts majeurs, même si les défauts ne sont plus observés à une prise de mesure ultérieure. Pour cette raison, la proportion des tiges avec défauts majeurs demeure élevée et ne reflète pas l'état du peuplement quinze ans après coupe. Comme exemple, les surfaces terrières très élevées des arbres avec défauts majeurs au lac Mégantic (88-LM-t et j) sont imputables aux bris des cimes causés par le verglas de janvier 1998 et observés à la troisième prise de mesure. Lors de la dernière mesure en 2003, plusieurs cimes endommagées s'étaient refaites et les défauts majeurs dans la catégorie « blessures et bris naturels » n'apparaissaient plus sur ces arbres, au moment de leur observation.

Tableau 6. Répartition de la mortalité selon les défauts majeurs et les chablis au cours de quinze ans

Bloc	Surface terrière dhp > 9 cm m²/ha	Défauts multiples m²/ha	Chancres Champignons Carie m²/ha	Blessures et bris naturels m²/ha	Blessures et bris dûs à la coupe m²/ha	Dépérissement en cime m²/ha	Insectes et faune m²/ha	Arbres sans défaut majeur m²/ha	Chablis m²/ha	Mortalité totale m²/ha
84-SV-t-EBT	29,0	0,63	1,35	0,22	–	–	0,56	–	2,76	
84-SV-j-EBT	24,5	1,14	0,76	0,02	0,18	–	–	0,22	–	2,32
85/86-SV-t-EBH	24,9	0,60	1,48	0,79	–	–	0,05	0,02	–	2,94
85-SV-j-EBH	18,7	0,49	0,17	0,49	0,14	–	–	0,52	–	1,81
86-SV-j-EBH	19,1	0,04	–	–	0,10	–	–	0,31	–	0,45
87-SV-t-EBH	31,9	3,33	1,27	0,18	–	0,21	0,03	0,28	–	5,30
87-SV-j-EBH	21,3	0,26	1,09	0,64	–	0,38	0,03	0,02	–	2,42
88-SV-t-EBH	29,2	1,21	0,25	1,39	–	0,72	0,03	0,69	0,78	5,07
88-SV-j-EBH	21,0	1,59	0,67	0,02	0,12	0,38	–	0,38	–	3,16
84-FG-t-ETH	23,4	2,62	0,83	0,83	–	–	–	0,24	–	4,52
84-FG-j-ETH	18,6	1,31	0,36	0,02	0,35	0,03	0,10	0,82	–	2,99
85-FG-t-ETH	26,5	1,99	1,44	0,72	–	–	0,14	0,85	–	5,14
85-FG-j-ETH	19,3	0,77	0,04	0,23	0,12	–	0,09	0,94	–	2,19
86-FG-t-ETH	24,0	1,02	1,94	0,24	–	–	0,02	1,15	–	4,37
86-FG-j-ETH	18,4	0,69	0,12	0,10	0,57	–	–	0,77	–	2,25
87-FG-t-ETH	26,1	1,39	0,87	0,72	–	0,53	0,13	0,72	–	4,36
87-FG-j-ETH	17,1	0,75	0,30	0,12	0,21	–	0,05	1,47	0,15	3,05
86-LS-t-EOH	24,9	3,29	0,75	0,99	–	0,48	0,09	1,30	0,13	7,03
86-LS-j-EOH	19,7	0,98	0,37	0,45	0,36	0,24	–	1,26	–	3,66
87-LC-t-EBH	22,5	0,91	1,27	0,08	–	0,63	–	0,48	0,38	3,75
87-LC-j-EBH	16,8	0,24	0,28	0,57	0,07	0,18	0,06	0,67	0,70	2,77
88-BE-t-EBT	22,4	0,23	0,12	0,56	–	0,09	0,01	0,53	–	1,54
88-BE-j-EBT	18,4	0,79	0,69	0,03	0,05	0,02	–	–	–	1,58
88-BO-t-EBH	25,9	0,60	1,60	0,52	–	0,04	–	0,97	–	3,73
88-BO-j-EBH	20,0	0,85	0,59	0,47	0,05	0,26	–	0,09	–	2,31
88-DU-t-EBH	26,4	2,00	0,75	0,49	–	0,45	–	0,23	–	3,92
88-DU-j-EBH	17,7	0,53	0,02	0,13	0,05	0,04	–	0,17	–	0,94
88-LM-t-EBH	28,5	2,28	1,41	0,80	–	0,16	–	0,38	0,99	6,02
88-LM-j-EBH	20,2	0,26	0,34	0,47	–	–	–	0,09	0,17	1,33

Les moyennes ajustées des surfaces terrières des tiges mortes et leurs erreurs-types par catégorie de défauts sont illustrées à la figure 6. Les tests statistiques ont seulement été réalisés sur les variables ayant une fréquence plus élevée. Pour les variables moins fréquentes nous fournissons seulement les moyennes et les erreurs-types.

La mortalité des arbres affectés par des défauts multiples (Dm) est la plus importante. La surface terrière moyenne de mortalité dans cette catégorie est plus du double des témoins (1,48 m²/ha) comparativement aux jardinées (0,72 m²/ha) et cette différence (0,76 m²/ha) est significative ($F = 9,29$, $p = 0,0049$). Plusieurs combinaisons sont possibles entre les divers défauts,

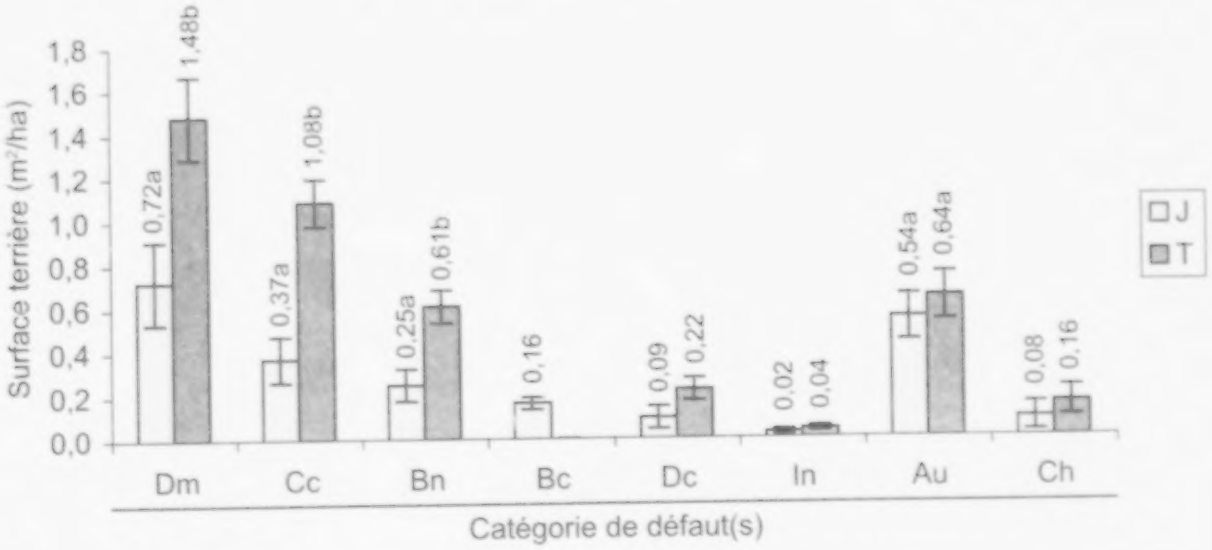

Figure 6. Mortalité en surface terrière selon la catégorie de défaut externe observé sur les tiges au début de la période de quinze ans.

mais il s'agit habituellement d'une combinaison entre les chancres, les champignons ou la carie avec les bris naturels ou avec le dépérissement. La cime des arbres attaqués par les chancres ou les champignons commence souvent à dépérir. Il arrive couramment aussi que certains champignons s'installent, comme des agents pathogènes secondaires, sur les arbres physiologiquement affaiblis par le dépérissement de la cime ou par l'action destructrice des autres champignons. Les champignons peuvent s'installer également sur les arbres endommagés par les bris et blessures naturels, par les blessures inhérentes à la coupe et par celles causées par les insectes et la faune.

La mortalité dans la catégorie des chancres, champignons, carie (Cc) est la deuxième en importance pour les témoins et la troisième pour les jardinées. Les nécroses, les chancres et les caries qu'on trouve sur les arbres sont le plus souvent causés par les champignons (Anderson et Rice 1993, Myren 1994, Glavas 1996). La destruction des tissus vivants par l'action des champignons parasites peut s'étendre ou toucher les organes vitaux de l'arbre au point de provoquer sa mort. D'autre part, les troncs d'arbres affaiblis par la carie ou les chancres peuvent casser sous l'action du vent. La mortalité pour cette catégorie est supérieure dans les témoins (1,08 m²/ha) par rapport aux jardinées (0,37 m²/ha) et cette différence (0,71 m²/ha) est significative ($F = 22,96$, $p < 0,0001$).

La mortalité des tiges ayant des bris et blessures naturels (Bn) est la troisième catégorie en importance dans les témoins et la quatrième dans les jardinées. Les témoins ont une mortalité supérieure (0,61 m²/ha) comparée à celle des jardinées (0,25 m²/ha) et cette différence (0,36 m²/ha) est significative ($F = 9,63$, $p = 0,0042$).

La mortalité des tiges ayant subi des blessures de coupe (Bc) est la cinquième catégorie en importance pour les placettes jardinées. La surface terrière moyenne de cette catégorie est de 0,16 m²/ha.

Le dépérissement en cime (Dc) est la cinquième catégorie en importance pour les témoins et la sixième pour les jardinées. Étant donné que le dépérissement en cime est nul dans plusieurs blocs, aucun test statistique n'a été effectué. Toutefois, on remarque que la moyenne des témoins (0,22 m²/ha) est plus du double de celle des jardinées (0,09 m²/ha).

Les dommages occasionnés par les insectes et la faune (In) semblent plutôt mineurs, on obtient une moyenne de 0,04 m²/ha pour les témoins et de 0,02 m²/ha pour les jardinées. Dans cette catégorie, on retrouve surtout des blessures occasionnées par le perceur de l'érable et le porc-épic.

La mortalité des arbres sans défauts majeurs (Au) n'est pas négligeable. Cette catégorie est la troisième en importance dans les témoins et la deuxième dans les jardinées. Les tests statistiques ne détectent aucune différence significative entre les traitements ($F = 0,65$, $p = 0,43$). Ces résultats démontrent que certains arbres meurent sans aucun signe extérieur de faiblesse. La proportion de surface terrière des tiges mortes de cette catégorie n'est cependant que d'environ 25% pour les jardinées et de 15% pour les témoins. D'autres facteurs pourraient être en cause telle la compétition exercée par les tiges voisines ou encore l'âge de la tige, etc. Les résultats obtenus montrent que les défauts retenus sont importants à considérer; généralement ceux-ci sont faciles à identifier lors du marquage préalable de la coupe.

Globalement, on observe que la mortalité est plus faible dans les placettes jardinées que dans les témoins pour la plupart des catégories de défauts retenues. Comme le marquage pour la coupe visait en premier lieu les tiges de faible vigueur ayant les défauts majeurs énumérés, leur nombre a diminué dans les unités jardinées et, par ce fait aussi, la mortalité a diminué dans ces mêmes catégories de défauts. On peut supposer également que la densité plus élevée dans les témoins explique, du moins en partie, cette mortalité plus élevée par le phénomène de l'autoéclaircie.

Chapitre cinq

Développement des gaules

Le tableau 7 présente le nombre de gaules, par bloc et selon le traitement, à la période initiale et quinze ans plus tard. Il est à noter que les blocs situés dans la forêt Gatineau n'y figurent pas puisque ces données n'ont pas été prises après quinze ans. Pour ces six blocs, le lecteur pourra consulter au besoin les résultats des mesures de dix ans après la coupe lesquels figurent dans MAJCEN (1997). Dans ces secteurs, une mesure des gaules est prévue vingt ans après la coupe. La figure 7 présente les moyennes des gaules des deux mesures, soit initiale et quinze ans après la coupe. Il est à noter que la mesure initiale dans les placettes jardinées a été prise immédiatement après la coupe.

Les trois espèces les plus fréquentes, l'érable à sucre, le bouleau jaune et le hêtre, ont été mises en évidence tandis que les autres essences commerciales et les espèces non commerciales ont été regroupées. Les tests statistiques ont été effectués en faisant une transformation par le logarithme du nombre de gaules de la plupart des essences, à l'exception des espèces non commerciales pour lesquelles la racine carrée a été utilisée afin de satisfaire les hypothèses sous-jacentes à l'analyse de la variance. Les moyennes présentées au tableau 7 et à la figure 7 sont calculées à partir du nombre réel de gaules à l'hectare.

Érable à sucre

Selon les essences les résultats des tests statistiques indiquent qu'il y a interaction entre la période et le traitement ($F = 6,03$, $p = 0,0251$). Les tests de Tukey indiquent que le nombre de gaules n'était pas différent, selon le traitement, immédiatement après la coupe. La moyenne des témoins est de 536 tiges à l'hectare tandis que celle des jardinées est de 414 tiges à l'hectare. De plus, les tests indiquent que le nombre moyen de gaules d'érable à sucre s'est accru de façon significative dans les jardinées quinze ans après la coupe mais non dans les témoins. Cependant, on observe tout de même un nombre élevé de tiges dans les témoins (916 tiges/ha) bien que les jardinées en contiennent beaucoup plus (2 073 tiges/ha). Toutefois, étant donné la variation observée entre les placettes, les tests ne détectent pas de différence significative entre le nombre de gaules après quinze ans, selon le traitement.

L'abondance de l'érable à sucre s'explique par sa très grande tolérance à l'ombre. Comme les résultats l'indiquent, l'érable à sucre peut se régénérer abondamment dans les peuplements plus ou moins fermés. L'abondance des gaules d'érable à sucre après les coupes de jardinage a été notée au Québec par MAJCEN (1995 et 1997) et par BÉDARD et MAJCEN (2000). Aux États-Unis, cette observation fut aussi remarquée par TUBBS (1968), LEAK et FILIP (1977), CROW et METZGER (1987). En Ontario, l'abondance des gaules d'érable à sucre à la suite de coupe de jardinage a été rapportée par BERRY (1981) et LA ROCQUE (1985).

Bouleau jaune

Les résultats des tests statistiques indiquent qu'il y a interaction entre la période et le traitement ($F = 11,81$, $p = 0,0036$). Les tests de Tukey indiquent que le nombre de gaules n'était pas différent selon le traitement immédiatement après la coupe. Le nombre moyen dans les témoins est de 25 tiges à l'hectare comparé à 23 tiges à l'hectare dans les jardinées. Les tests indiquent que les gaules de bouleau jaune ont augmenté dans les témoins comme dans les jardinées quinze ans après la coupe. Les résultats des tests démontrent que la coupe a stimulé davantage les gaules dans les jardinées. Le nombre moyen de gaules dans les placettes jardinées (290 tiges/ha) est significativement supérieur au nombre observé dans les témoins (74 tiges/ha) après quinze ans.

Les gaules de bouleau jaune profitent généralement des petites ouvertures de 100 à 400 m^2 créées après le prélèvement de grosses tiges ou de petits groupes de deux ou trois tiges. Le succès de la régénération est aussi attribuable aux bonnes années semencières et à la scarification du sol par le débusquage des tiges lors de l'exploitation automnale. Plusieurs forestiers ont remarqué que le bouleau jaune se régénère bien dans les ouvertures après la coupe de jardinage par groupe

Tableau 7. Développement des gaules. Nombre de tiges de 1,1 à 9,0 cm de dhp à l'hectare

Bloc	Période	ERS	BOJ	HEG	Autres essences commerciales	Total commerciales	Total non commerciales
84-SV-t-EBT	Initiale	396	2	–	12	410	14
	15 ans	2174	12	28	56	2270	6
84-SV-j-EBT	Initiale	290	–	–	16	306	–
	14,5 ans	5646	76	4	142	5868	18
85/86-SV-t-EBH	Initiale	1196	10	70	8	1284	–
	15 ans	1544	20	306	20	1890	2
85-SV-j-EBH	Initiale	528	18	46	–	592	6
	15 ans	2154	830	904	64	3952	272
86-SV-j-EBH	Initiale	1176	56	248	8	1488	80
	14 ans	2646	494	794	12	3946	140
87-SV-t-EBH	Initiale	288	–	64	–	352	–
	15 ans	1094	12	2796	2	3904	16
87-SV-j-EBH	Initiale	222	6	168	2	398	–
	14 ans	2292	278	1350	38	3958	114
88-SV-t-EBH	Initiale	582	10	288	26	906	18
	15 ans	504	30	1416	34	1984	58
88-SV-j-EBH	Initiale	262	2	356	2	622	6
	15 ans	2118	194	2158	30	4500	96
87-LC-t-EBH	Initiale	582	4	100	48	734	162
	15 ans	1088	38	748	220	2094	632
87-LC-j-EBH	Initiale	308	–	20	44	372	20
	15 ans	3060	38	596	270	3964	522
88-BE-t-EB	Initiale	442	28	–	42	512	470
	15 ans	312	18	–	36	366	180
88-BE-j-EB	Initiale	440	14	–	16	470	524
	15 ans	480	114	–	10	604	694
88-BO-t-EBH	Initiale	526	4	178	26	734	96
	15 ans	382	12	336	48	778	190
88-BO-j-EBH	Initiale	648	2	210	24	884	58
	15 ans	1556	64	652	116	2388	424
88-DU-t-EBH	Initiale	130	4	172	36	342	8
	15 ans	250	170	1598	138	2156	228
88-DU-j-EBH	Initiale	156	22	252	12	442	80
	15 ans	650	406	2200	72	3328	188
88-LM-t-EBH	Initiale	270	124	300	16	710	1126
	15 ans	480	320	598	30	1428	1148
88-LM-j-EBH	Initiale	108	114	202	20	444	408
	15 ans	130	402	740	36	1308	1516

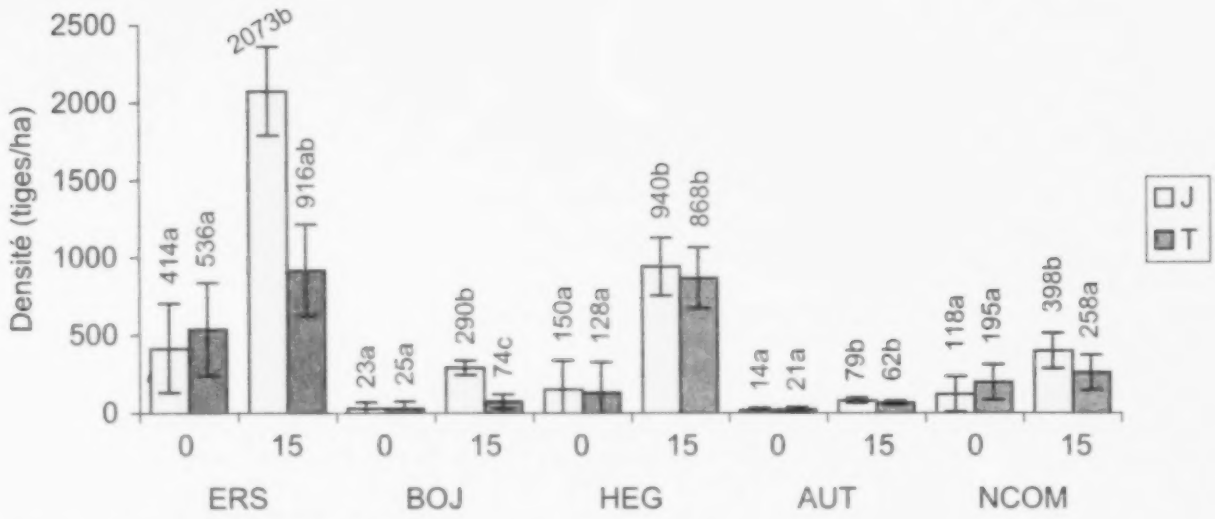

Figure 7. Nombre de gaules à l'hectare.

d'arbres (ARBOGAST 1957, MARQUIS 1965, LEAK et FILIP 1977, MCCLURE et LEE 1993) mais qu'il peut se régénérer aussi après la coupe par pied d'arbre (LEAK *et al.* 1969, TUBBS 1969, BERRY 1981). Dans les témoins, la présence de bouleau jaune peut s'expliquer par les petites ouvertures formées après le chablis (WILLIS et JOHNSON 1978) ou la mortalité des tiges (PAYETTE *et al.* 1990). Il est évident qu'on aurait avantage, lorsque l'objectif est de produire du bouleau jaune comme essence secondaire à l'érable à sucre, de créer des petites trouées. La régénération du bouleau jaune n'était pas l'objectif principal du traitement appliqué dans cette étude puisque la coupe visait surtout à assainir les peuplements afin de favoriser la production nette. Malgré cela, la récolte de tiges non vigoureuses a permis, dans certains cas, de créer de petites trouées favorables à la régénération du bouleau jaune. Ce résultat est particulièrement observable dans les unités jardinées de blocs 85-SV, 86-SV, 88-DU et 88-LM (Tableau 7). Dans les autres blocs de l'érablière à bouleau jaune, le nombre de gaules de bouleau jaune est plus faible après la coupe. Dans certains cas, ce résultat est dû au broutement du cerf de Virginie, lequel a empêché les semis d'atteindre le stade de gaulis comme c'est le cas dans les blocs 88-BO et 88-BE.

Hêtre à grandes feuilles

Les résultats des tests statistiques indiquent qu'il n'y a pas d'interaction entre le traitement et la période ($F = 0,00$, $p = 0,9904$) et également entre les traitements ($F = 0,04$, $p = 0,8446$). Par contre, les tests indiquent qu'il y a une différence significative entre les deux périodes peu importe le traitement ($F = 63,69$, $p < 0,0001$). Ces résultats indiquent donc que le nombre de gaules de hêtre s'est accru autant dans les témoins que dans les unités jardinées et cela dans une proportion semblable durant la période de quinze ans. Ainsi, dans les témoins, le nombre moyen est passé de 128 à 868 tiges à l'hectare et dans les jardinées de 150 à 940 tiges à l'hectare. Le nombre moyen de tiges de hêtre est semblable à celui de l'érable à sucre dans les témoins, mais il demeure tout de même inférieur à cette dernière essence dans les jardinées.

Le hêtre est avantagé par rapport aux essences de plus grande valeur par le développement des drageons à partir de ses racines. Selon JONES et RAYNALD (1986), on retrouve la plupart des drageons à l'intérieur d'un rayon de 10 m autour de l'arbre parent. Il semble que la circulation de la machinerie ainsi que l'action du gel et du dégel favoriserait, par les blessures infligées aux racines, le développement des drageons (HELD 1983, JONES *et al.* 1989). Le nombre de drageons serait également en corrélation avec le diamètre du parent. En effet, ce dernier augmenterait avec le diamètre de l'arbre parent (JONES et RAYNAL 1986, 1987), et avec le nombre de tiges dans le peuplement (JONES *et al.* 1989). Conséquemment, selon ces derniers auteurs, il serait préférable de prélever un maximum de tiges de hêtre de gros diamètre, lors de la coupe, afin de prévenir le drageonnement du hêtre. La prolifération des gaules de hêtre après la coupe au Québec a été signalée par MAJCEN (1997), MAJCEN et BÉDARD (2000) et BÉDARD et MAJCEN (2002).

Le phénomène d'envahissement par le hêtre devrait être sérieusement pris en compte lorsque le peuplement présente une quantité importante de tiges de hêtre, lesquelles entrent en compétition avec les essences désirées dans les strates inférieures (semis et gaulis). Or, l'évaluation de la compétition du hêtre ne devrait pas seulement prendre en compte la densité des tiges présentes mais aussi de leur hauteur. Avec ces paramètres, le sylviculteur peut être en mesure d'identifier le traitement adéquat et surtout d'évaluer les risques de voir le site envahi par le hêtre (Bohn et Nyland 2003). Cependant, malgré le fait que nous n'ayons pas mesuré la hauteur des gaules, on peut affirmer que le nombre de gaules de hêtre semble atteindre une densité critique dans les unités 87-SV-j, 88-SV-j, 88-DU-j et 88-LM-j puisque le nombre de gaules observé dépasse celui de l'érable à sucre.

Autres essences commerciales

Les résultats concernant les autres essences commerciales indiquent qu'il n'y a pas d'interaction entre le traitement et la période ($F = 3,19$, $p = 0,0921$) et également entre les traitements ($F = 9,09$, $p = 0,727$). Les tests indiquent qu'il y a une différence significative entre les deux périodes peu importe le traitement ($F = 28,83$, $p < 0,0001$). Les tests indiquent aussi que le nombre moyen de tiges des essences commerciales s'est accru de façon significative au cours de la période de mesure dans les placettes jardinées et dans les témoins. Le nombre moyen dans les placettes témoins est passé de 21 à 62 tiges à l'hectare et de 14 à 79 tiges à l'hectare dans les jardinées. Comparé au total des essences commerciales, ce nombre est faible. Il s'agit généralement de la régénération d'essences secondaires présentes dans les blocs étudiés (Tableau 2)

Espèces non commerciales

Pour les espèces non commerciales, les tests indiquent qu'il y a une interaction entre le traitement et la période ($F = 5,31$, $p = 0,03$). Les tests du Tukey ne détectent pas de différence significative du nombre moyen de gaules selon le traitement immédiatement après la coupe. Les tests démontrent aussi qu'il y a une différence significative entre le nombre de tiges mesurées après la coupe et quinze ans plus tard dans le cas des unités jardinées mais non dans le cas des témoins. De plus, les tests ne détectent pas de différence significative entre le nombre de gaules dans les jardinées et les témoins après quinze ans. Le nombre moyen est passé de 195 à 258 tiges à l'hectare dans les témoins et de 118 à 398 tiges à l'hectare dans les jardinées.

Les espèces non commerciales généralement rencontrées dans les érablières, après une coupe de jardinage par pied d'arbre, sont l'érable de Pennsylvanie et l'érable à épis. Ce sont des espèces qui supportent l'ombre, mais leur nombre est généralement très inférieur à celui des essences commerciales. Par conséquent, elles ne causent généralement pas une compétition significative pour les essences désirées. L'abondance des espèces non commerciales est plus importante lorsque l'intensité de la coupe est très forte et on voit souvent apparaître des espèces comme le cerisier de Pennsylvanie (Majcen et Bédard 2000). On remarque tout de même que le nombre d'espèces non commerciales peut être relativement élevé dans certains peuplements après la coupe et dans les témoins. Les résultats obtenus dans les blocs 88-BE et 88-LM le démontrent. Dans ces deux blocs, on peut poser l'hypothèse que cette abondance est liée à des perturbations antérieures à la coupe exécutée pour cette étude. En effet, les espèces non commerciales de ces blocs étaient également importantes au début de la période dans les témoins. Cependant, dans le bloc 88-BE le nombre de gaules du témoin a diminué tandis qu'il est resté relativement stable dans le témoin du bloc 88-LM. Le résultat observé pour le témoin du bloc 88-BE est probablement lié au changement de densité, lequel a pour effet de réduire la quantité de lumière disponible des tiges en sous-étage. Ce témoin est passé de 22,4 à 28,6 m^2/ha en quinze ans tandis que celui du bloc 88-LM est resté plutôt stable passant de 28,5 à 29,1 m^2/ha. Il s'agit notamment de l'érable à épis dans le bloc 88-BE et de l'érable de Pennsylvanie et de l'érable à épis dans le bloc 88-LM.

Conclusion

Les mesures effectuées quinze ans après la coupe de jardinage démontrent que les distributions des tiges ressemblent à la forme initiale. Dans la majorité de cas, cette forme ressemble à un « J » inversé, caractéristique des peuplements inéquiennes. Dans certaines unités, on peut remarquer le déplacement des tiges entre les classes de diamètre. Le nombre de tiges diminue dans la première classe (10 à 18 cm) de tous les témoins et dans la majorité des unités jardinées au profit des classes supérieures. Comme la coupe a provoqué le développement d'un grand nombre de gaules, la première classe sera vraisemblablement regarnie lorsque ces dernières commenceront à franchir le seuil de 9,1 cm de diamètre.

Les accroissements annuels périodiques moyens s'approchent des résultats obtenus antérieurement dans divers secteurs cinq et dix ans après la coupe. Les accroissements annuels bruts en surface terrière sont semblables dans les unités jardinées (0,46 m^2/ha) et dans les témoins (0,44 m^2/ha), mais comme la mortalité est largement supérieure dans les témoins, l'accroissement annuel moyen net est de 0,31 m^2/ha dans les unités jardinées comparé à 0,16 m^2/ha dans les témoins.

Selon les résultats obtenus, prés de 75% de la surface terrière perdue par la mortalité dans les unités jardinées était composée de tiges non vigoureuses ayant des défauts majeurs. Comme le marquage pour la coupe visait surtout les tiges de faible vigueur, la mortalité a touché beaucoup moins les unités jardinées que les témoins.

La coupe de jardinage a eu un effet positif sur le développement des gaules des essences commerciales. Dans la majorité des blocs, la régénération est dominée par les gaules d'érable à sucre et de hêtre. Le nombre de gaules de hêtre est parfois très élevé, mais selon les résultats obtenus, la coupe ne semble pas être responsable de son abondance. Des analyses supplémentaires devront être effectuées afin de préciser davantage la dynamique du hêtre dans les peuplements jardinés et témoins. Le bouleau jaune se comporte bien dans plusieurs unités jardinées, surtout dans les petites ouvertures. Il est donc suggéré, en présence de semenciers de bouleau jaune et sur les stations qui lui sont favorables, de créer de petites ouvertures et de scarifier légèrement le sol afin de stimuler sa régénération.

Ces résultats démontrent que les coupes de jardinage peuvent assurer le renouvellement des peuplements avec des rotations d'une vingtaine d'années en moyenne, si l'on pose l'hypothèse que l'accroissement net observé se maintiendra pour les cinq prochaines années. La surface terrière ou le volume cible à atteindre devra être déterminé et être ajusté selon la qualité de la station (potentiel de croissance), la répartition diamétrale désirée et l'état de santé du peuplement (vigueur). Par exemple, lorsque la vigueur du peuplement est faible, il est préférable d'intervenir plus tôt, en dépit de l'obligation de devoir diminuer le prélèvement. L'objectif de l'atteinte de la surface terrière ou du volume cible doit également être fixé à moyen terme afin de permettre au peuplement d'attendre un équilibre et un état sanitaire favorable au maintien d'une production nette optimale et soutenue. Pour atteindre ce but, il faudrait augmenter encore davantage l'accroissement net en diminuant le taux de mortalité des arbres. Comme les peuplements inéquiennes ont été appauvris par des coupes d'écrémage successives, il sera nécessaire de pratiquer plus qu'une coupe de jardinage avant de réduire au minimum les tiges de faible vigueur et d'abaisser de cette façon la mortalité parmi les tiges résiduelles. En éliminant les tiges susceptibles de mourir au cours d'une rotation, on favorisera en même temps l'accroissement des arbres vigoureux et de bonne qualité essentiels à la production de bois d'œuvre.

Références bibliographiques

ANDERSON, H.W. et J.A. RICE, 1993. *A tree-marking guide for the tolerant hardwoods working group in Ontario*. Ministry of Natural Resources, Forest Resources Branch, Toronto. 225 p.

ARBOGAST, C., JR., 1957. *Marking guides for northern hardwoods under the selection system*. USDA For. Serv., Lake States For. Exp. Sta., Sta. Pap. No. 56. 21 p.

BERRY, A.B., 1981. *A study in single tree selection for tolerant hardwoods*. Can. For. Serv., Petawawa Nat. For. Inst., Inf. Rep-PI-X-8.

BÉDARD, S. et Z. MAJCEN, 2001. *Ten-year response of sugar maple-yellow birch-beech stands to selection cutting in Québec*. North. J. Appl. For. 18(4) : 119-126.

BÉDARD, S. et Z. MAJCEN, 2003. *Growth following single-tree selection cutting in Québec northern hardwoods*. The For. Chron. 79(5) : 898-905.

BIOLLEY, H., 1901. *Le jardinage cultural*. Journal forestier suisse. 52(6) : 97–104; (7/8) : 113–131.

BOHN, K.K. et R.D. NYLAND, 2003. *Forecasting development of understory American beech after partial cutting in uneven-aged northern hardwoods stand*. For. Ecol. and Manag. 180(2003) : 453-461.

BOULET, B., 2005. Défauts externes et indices de la carie sur les arbres. Guide de l'interprétation. Les publications du Québec. 291 p.

BROWN, J.-L., 1981. *Les forêts de Témiscamingue, Québec*. Écologie et photo-interprétation. Lab. d'écol. for., Univ. Laval. Étude écologique n° 5. 447 p.

CROW, T.R. et F.T. METZGER, 1987. *Regeneration under selection cutting. In :* Proc. Managing northern hardwoods, R.D. Nyland, (ed.). State Univ. Coll. N.Y., Environ. Sci. For. Syracuse. Tech. Publ. No. 13 (ESF 87-002) (Soc. Am. For. Publ. No. 87-03). p. 81-94.

CROW, T.R., C.H. TUBBS, R.D. JACOBS et R.R. OBERG, 1981. *Stocking and structure for maximum growth in sugar maple selection stands*. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-108. 16 p.

DE LIOCOURT, F., 1898. *De l'aménagement des sapinières*. Bulletin de la société forestière de Franche-Comté et Belfort, Besançon, France.

ERDMANN, G.G. et R.R. OBERG, 1973. *Fifteen-year results from six cutting methods in second-growth northern hardwoods*. USDA For. Serv. Res. Pap. NC-100. 12 p.

EYRE, F.H. et U.M. ZILLGITT, 1953. *Partial cuttings in northern hardwoods of the Lake States : Twenty-year experimental results*. USDA Agric. Tech. Bull. No. 1076, Washington, D.C., 124 p.

GAGNON, G. et G. MARCOTTE, 1980. *Description des types écologiques et de leur productivité dans la section forestière Laurentienne de Rowe (L-4a)*. Min. de l'Énergie et des Ress. du Québec, Serv. de la rech. for., Mémoire n° 61. 456 p.

GLAVAS, M., 1996. *Osnove sumarske fitopatologije. (La pathologie forestière)*. Manualia Universitatis studiorum Zagrabiensis, Zagreb. 140 p.

GOFF, F.G. et D. WEST, 1975. *Canopy-understory interaction effects on forest population structure*. For. Sci. 21 : 98-108

GRANDTNER, M.M., 1966. *La végétation forestière du Québec méridional*. Presses de l'Université Laval, Québec. 216 p.

HELD, M.E., 1983. *Pattern of beech regeneration in the east-central United States*. Bull. Torrey Bot. Club. 110(1) : 55-62.

JONES, R.H. et D.J. RAYNALD, 1986. *Spatial distribution and development of root sprouts in American beech* Fagus grandifolia *(Fagaceae)*. Am. J. Bot. 73 : 1723-1731

JONES, R.H. et D.J. RAYNALD, 1987. *Root sprouting in American beech* (Fagus grandifolia) *: effects of root injury, root exposure, and season*. For. Ecol. Manag. 25 : 79-90.

JONES, T.A. et S.C. THOMAS, 2004 *The time course of diameter increment responses to selection harvests in* Acer saccharum. Can. J. For. Res. 34 : 1525-1533.

JONES, R.H., R.D. NYLAND et D.J. RAYNAL, 1989. *Response of American beech regeneration to selection cutting of northern hardwoods in New York*. North. J. Appl. For. 6(1) : 34-36.

LA ROCQUE, G., 1985. *Regeneration in a tolerant hardwoods stand managed under single tree selection*. Can. For. Serv., Petawawa Nat. For. Inst., Inf. Rep. PI-X-50. 16 p.

LEAK, W.B. et S.M. FILIP, 1977. *Thirty-eight years of group selection in New England northern hardwoods*. J. For. 75 : 641-643.

LEAK, W.B., D.S. SOLOMON et S.M. FILIP, 1969. *A silvicultural guide for northern hardwoods in the Northeast*. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-143. 34 p.

LEMIEUX, G., 1963. *Ecology and productivity of the northern hardwood forests of Québec. Ph.D.* thesis, Univ. of Michigan, Ann Arbor. 144 p.

MADER, F.S. et R.D. NYLAND, 1984. *Six-year response of northern hardwoods to the selection system*. North. J. Appl. For. 1 : 87-91.

MAJCEN, Z., 1994. *Historique des coupes de jardinage dans les forêts inéquiennes au Québec*. Rev. For. Fr. XLVI (4) : 375-384.

MAJCEN, Z., 1995. *Résultats après 10 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for., Mémoire de rech. for. n° 122. 23 p.

MAJCEN, Z., 1996. *Coupe de jardinage et coupe de succession dans cinq secteurs forestiers : Accroissement quinquennal en surface terrière et état de la régénération*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for., Note de rech. for. n° 70. 20 p.

MAJCEN, Z., 1997. *Coupe de jardinage et coupe de succession dans trois secteurs : Accroissement décennal en surface terrière et état de la régénération*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for., Mémoire de rech. for. n° 129. 48 p.

MAJCEN, Z. et S. BÉDARD, 2000. *Accroissement après 15 ans dans une érablière à la suite de coupes de jardinage de diverses intensités*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for., Note de rech. for. n° 98. 12 p.

MAJCEN, Z. et Y. RICHARD, 1992. *Résultats après cinq ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière*. Can. J. For. Res. 22 : 1623-1629.

MAJCEN, Z. et Y. RICHARD, 1995. *Coupe de jardinage dans six régions écologiques du Québec : Accroissement quinquennal en surface terrière*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for., Mémoire de rech. for. n° 120. 22 p.

MAJCEN, Z. et J.-P. SAUCIER, 1986. *Projet expérimental d'aménagement inéquienne dans les forêts de Sainte-Véronique, de Gatineau et de la réserve Papineau-Labelle*. Gouv. du Québec, min. Énergie et Ress., Serv. de la rech., Rapport interne n° 253. 57 p.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD, 1984. *Écologie et dendrométrie dans le sud-ouest du Québec : Étude de douze secteurs forestiers*. Min. Énergie et Ress., Québec, Serv. de la rech., Mémoire n° 85. 333 p.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD, 1985. *Composition, structure et rendement des érablières dans cinq secteurs de la région de l'Outaouais*. Min. Énergie et Ress., Québec, Serv. de la rech., Mémoire n° 85. 333 p.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD, M. MÉNARD et Y. GRENIER, 1990. *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes. Guide technique*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat., Dir. de la rech. for., Mémoire de rech. for. n° 96. 95 p.

MARQUIS, D., 1976. *Application of uneven-aged silviculture and management in public and private lands. In* Uneven-aged silviculture and management in the United States. U.S. Dep. of Agric., Forest Serv., Timber Man. Research, Washington, D.C., Gen. Tech. Rep. Wo-24. p. 25-61.

MARQUIS, D.A., 1965. *Regeneration of birch and associated hardwoods after patch cutting*. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-32.

MCCLURE, J.W. et T.D. LEE, 1993. *Small-scale disturbance in a northern hardwoods forest : effects on tree species abundance and distribution*. Can. J. For. Res. 23 : 1347-1360.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, 2002. *Méthode d'échantillonnage pour les inventaires d'intervention (inventaire avant traitement) et pour le suivi des interventions forestières (après martelage, après coupe et années antérieures). Exercice 2003-2004*. Direction de l'assistance technique, Division des traitements sylvicoles. p. 201-207.

MYREN, D.T., 1994. *Maladies des arbres de l'est du Canada*. Ressources naturelles Canada. Service canadien des forêts, Ottawa. 159 p.

NYLAND, R.D., 1998. *Selection System in Northern Hardwoods*. Journal of Forestry 96(7) : 18-21.

O'HARA, K.L., 2002. *The historical development of uneven-aged silviculture in North America*. Forestry 73(4) : 339-346.

ONDRO, W.J. et D.V. LOVE, 1979. *Growth response of Northern hardwoods to partial cutting in southern Ontario*. For. Chron. 55 : 1-16.

PAYETTE, S., A. DELLWAID et L. FILLION, 1990. *Disturbance regime of a cold temperate forest as deduced from tree-ring patterns : the Tantaré Ecological Reserve, Québec*. Can. J. For. Res. 20 : 1228-1241.

PROGRAMME CLIMATOLOGIQUE CANADIEN, 1983. *Normales climatiques au Canada, 1961-1990. Québec*. Environnement Canada, Serv. de l'env. atmosphérique. 157 p.

SAUCIER, J.-P., J.-F. BERGERON, P. GRONDIN et A. ROBITAILLE, 2003. Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. Carte couleur.

SHAEFFER, A., A. GAZIN et A. D'ALVERNY, 1930. *Sapinières. Le jardinage par contenance. Méthode du contrôle par les courbes*. Les Presses universitaires de France, Paris. 100 p.

SMITH, H.C. et N.I. LAMSON, 1982. *Number of residual trees. A guide for selection cutting*. Northeast For. Exp. Stn., Broomall, Pa. USDA For. Serv. Gen. Rep. NE-80. 33 p.

SOLOMON, D.S., 1977. *The influence of stand density and structure on growth of northern hardwoods in New England*. USDA For. Serv., Res. Pap. NE-362. 13 p.

STRONG, T.F., G.G. ERDMANN et J.N. NIESE, 1995. *Forty years of alternative management practices in second-growth, pole-size northern hardwoods. I. Tree quality development*. Can. J. For. Res. 25 : 1173-1179.

TRIMBLE, R.T., J.J. MENDEL et R.A. KENNEL, 1974. *A procedure for selection marking in hardwoods. Combining silvicultural considerations with economic guidelines*. USDA Forest Service, Research Paper NE-292. 13 p.

TUBBS, C.H., 1968. *The influence of residual densities on regeneration in sugar maple stands*. USDA For. Serv., Res. Note NC-47.

WILLIS, G.L. et J.A. JOHNSON, 1978. *Regeneration of yellow birch following selective cutting of old growth hardwoods*. Ford For. Cent., Mich. Tech. Univ., MI, Res. Note 26. 13 p.

Annexe 1

Les champignons rencontrées le plus souvent sur les arbres des blocs expérimentaux

Entre parenthèses figurent les essences forestières habituellement attaquées par le champignon indiqué :

Phellinus igniarius (érable à sucre et hêtre à grandes feuilles)

Inonotus glomeratus (érable à sucre, hêtre à grandes feuilles et érable rouge)

Oxyporus populinus (érable rouge, érable à sucre et hêtre à grandes feuilles)

Ganoderma applanatum (érable à sucre)

Fomes fomentarius (hêtre à grandes feuilles, érable à sucre et bouleau jaune)

Inonotus obliquus (bouleau jaune)

Kretzschmaria deusta (érable à sucre et érable rouge)

Climacodon septentrionalis (érable à sucre)

Armillaria ostoyae (érable à sucre)

Les chancres causés notamment par les champignons suivants :

Eutypella parasitica (érable à sucre)

Neonectria galligena (bouleau jaune)

Neonectria coccinea var. *faginata* (hêtre à grandes feuilles)

N.B. La nomenclature des champignons est celle utilisée par Boulet (2005)

Annexe 2

Accroissements annuels périodiques en volume marchand quinze ans après la coupe de jardinage

Bloc	Volume marchand m³/ha	Tiges survivantes m³/ha	Tiges recrues m³/ha	Accroissement brut m³/ha	Mortalité m³/ha	Accroissement net m³/ha
84-SV-t-EBT	270,3	5,24	0,05	5,29	1,63	3,66
84-SV-j-EBT	222,2	5,44	0,10	5,55	1,43	4,12
85/86-SV-t-EBH	212,4	5,01	0,07	5,08	1,71	3,37
85-SV-j-EBH	157,2	3,98	0,21	4,19	1,00	3,19
86-SV-j-EBH	166,9	4,84	0,16	5,00	0,26	4,74
87-SV-t-EBH	282,4	4,13	0,03	4,16	3,20	0,96
87-SV-j-EBH	187,0	3,96	0,18	4,14	1,63	2,52
88-SV-t-EBH	253,9	4,05	0,10	4,15	3,06	1,10
88-SV-j-EBH	174,1	3,89	0,12	4,00	1,96	2,04
84-FG-t-ETH	222,2	3,69	0,10	3,80	2,76	1,03
84-FG-j-ETH	172,8	4,18	0,29	4,47	1,75	2,72
85-FG-t-ETH	237,7	4,04	0,02	4,06	2,98	1,08
85-FG-j-ETH	171,4	3,67	0,04	3,71	1,11	2,60
86-FG-t-ETH	189,4	3,42	0,09	3,51	2,23	1,28
86-FG-j-ETH	168,7	4,23	0,37	4,61	1,08	3,53
87-FG-t-ETH	234,9	4,16	0,05	4,20	2,54	1,66
87-FG-j-ETH	148,8	3,80	0,10	3,90	1,65	2,26
86-LS-t-EOH	193,2	3,37	0,19	3,56	3,80	-0,24
86-LS-j-EOH	152,0	3,41	0,17	3,58	1,82	1,76
87-LC-t-EBH	193,2	4,19	0,14	4,33	2,18	2,16
87-LC-j-EBH	136,4	3,84	0,24	4,08	1,45	2,63
88-BE-t-EBT	154,4	3,97	0,08	4,05	0,77	3,29
88-BE-j-EBT	121,5	3,91	0,16	4,07	0,80	3,26
88-BO-t-EBH	171,1	3,97	0,10	4,07	1,89	2,18
88-BO-j-EBH	139,4	3,51	0,35	3,85	1,11	2,74
88-DU-t-EBH	234,4	3,48	0,06	3,54	2,20	1,34
88-DU-j-EBH	154,2	3,65	0,14	3,79	0,50	3,29
88-LM-t-EBH	261,3	4,15	0,12	4,27	3,69	0,58
88-LM-j-EBH	180,6	3,80	0,30	4,10	0,78	3,31
Moyenne t	221,23	4,05	0,09	4,14	2,47	1,68
Moyenne j	163,56	4,01	0,20	4,20	1,22	2,98

Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8
Téléphone : (418) 643-7994
Télécopieur : (418) 643-2165
Site Web : http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche
Courriel : recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca

Les peuplements inéquiennes représentent une forte proportion de la forêt de feuillus au Québec. Leur aménagement préoccupe de plus en plus les forestiers qui doivent combler les besoins toujours grandissants en produits de qualité. Les coupes de jardinage s'adaptent bien à la structure de nos forêts de feuillus inéquiennes. Elles permettent de sauvegarder les tiges de bonne qualité qui sont en plein accroissement, elles favorisent la régénération des essences désirées et assurent un rendement soutenu tout en conservant le couvert forestier. Dans les limites de sa juridiction et en collaboration avec les régions administratives du Ministère, la Direction de la recherche forestière poursuit une série de travaux de recherche sur l'accroissement des forêts après des coupes de jardinage de diverses intensités dans des peuplements inéquiennes.

Ressources naturelles et Faune
Québec